



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria de l'Energia

CLIMATITZACIÓ DE LA BIBLIOTECA MUNICIPAL VAPOR VELL



Memòria i Annexos

Autor:	Lluís Miquel Ferrer Frau
Director:	Francesc Estrany
Convocatòria:	Gener, 2018

Resum

L'objecte del present projecta és el disseny de la climatització de la Biblioteca municipal Vapor vell. Vapor vell és un edifici singular construït fa més de 100 anys, situat al barri de sants. El fet que sigui una construcció tan antiga implicarà un anàlisi exhaustiu de les carregues tèrmiques de l'edifici. La instal·lació de climatització dissenyada assegurarà que les condicions ambientals de l'interior de l'edifici són les estipulades a la normativa actual. El disseny de la instal·lació s'efectuarà tenint en compte les particularitat de cada sala de l'edifici, i en l'edifici en si mateix. A més, el disseny vetllarà per a que les necessitats individuals de les sales siguin satisfetes utilitzant un ús racional de l'energia.

Resumen

El objeto del presente proyecto es el diseño de la climatización de la Biblioteca Municipal Vapor Vell. Vapor vell es un edificio singular construido hace más de 100 años, situado en el barrio de sants. El hecho que sea una construcción tan antigua implicará un análisis exhaustivo de las cargas térmicas del edificio. La instalación de climatización diseñada asegurara que las condiciones ambientales del interior del edificio son las estipuladas en la normativa actual. El diseño de la instalación se efectuará teniendo en cuenta las particularidades de cada sala del edificio y en el edificio en sí mismo. Además el diseño velará para que las necesidades individuales de las salas sean satisfechas utilizando un uso racional de la energía.

Abstract

The object of the present project is the design of the acclimatization of the municipal library Vapor vell. Vapor vell is a unique building built more than 100 years ago, located in Sants, Barcelona. The fact that it is such an ancient construction will involve an exhaustive analysis of the thermal loads of the building. The installed air conditioning system will assure that the environmental conditions of the interior of the building are the correct ones, which are stipulated in the current regulations. The layout of the installation will be made taking into account the particularities of each room in the building and in the building itself. In addition, the design will ensure that the individual needs of the rooms will be using a rational use of energy.





Agraïments

Al meu tutor Francesc Estrany per el seu suport, coneixement i disponibilitat per resoldre tots els meus dubtes.

Al Javier per atendre, aconsellar-me i dedicar-me tot el temps necessari.

A l'Oriol, l'Aitana i la Paula per el seu suport.

Al meu pare Vicenç i la meva mare Carme per ajudar-me sempre i fer possibles els meus anhels

.





Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
1. INTRODUCCIÓ	3
1.1. Objectius del treball.....	3
1.2. Abast del treball.....	3
1.3. Emplaçament i situació.....	3
1.4. Titular	4
1.5. Descripció de la distribució de l'edifici	4
1.6. Reglaments i normes d'aplicació.....	5
1.6.1. Normativa de caràcter general.....	5
1.6.2. Impacte ambiental i eficiència energètica	6
1.6.3. Calefacció i Climatització	6
2. INSTAL·LACIÓ DE CLIMATITZACIÓ	8
2.1. Descripció de les dades bàsiques de l'edifici.....	8
2.1.1. Condicions de confort tèrmic interior	8
2.1.2. Condicions exteriors	8
2.1.3. Ocupació de les sales.....	9
2.1.4. Renovació d'aire pel benestar de la qualitat d'aire interior	10
2.2. Càlcul de les necessitats tèrmiques de l'edifici	11
2.2.1. Resultats del càlcul de les necessitats tèrmiques de refrigeració	33
2.3. Descripció general del sistema de climatització	34
2.3.1. Zones de climatització	34
2.3.2. Equips tèrmics	36
2.3.3. Dimensionament dels equips tèrmics.....	37
2.3.4. Ubicació del equips.....	49
2.4. Descripció general del sistema tancat d'aigua.....	49
2.4.1. Càlcul dels diàmetres de les canonades.....	49
2.4.2. Vàlvules i accessoris.....	49
2.4.3. Càlcul de la potència de la bomba	50
3. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	55

CONCLUSIONS	57
PRESSUPOST I/O ANÀLISI ECONÒMICA	59
BIBLIOGRAFIA	61
ANNEX A	63
A1. Taula per al càlcul de diàmetres.....	64
A2. Taula per al càlcul de les pèrdues de càrrega	65
A3. Catàlegs del equips tèrmics seleccionats	66



1. Introducció

Al llarg d'aquest projecte es cerca realitzar una instal·lació de climatització que garanteixi un ambient adequat a l'interior de l'edifici.

En primer lloc s'analitzaran les diferents components que provoquen les carregues tèrmiques de calefacció i les carregues tèrmiques de refrigeració. Després es dissenyarà una instal·lació de climatització que haurà de ser capaç de fer front en qualsevol època de l'any i a qualsevol part de l'edifici a les carregues tèrmiques que impedeixen que hi hagi un ambient adequat segons l'estipulat en la normativa.

1.1. Objectius del treball

L'objecte principal del present projecte és especificar les parts que componen la instal·lació de climatització necessària pel condicionament de l'edifici. També exposar les condicions tècniques i econòmiques, efectuant els càlculs que justifiquin les solucions adoptades.

1.2. Abast del treball

L'abast del projecte és definir la demanda tèrmica de l'edifici per, més tard, poder definir les potències necessàries de cada espai i realitzar una instal·lació de climatització en la que és detallaran les característiques de cada equip que forma part.

1.3. Emplaçament i situació

La ubicació del projecte en estudi està emplaçat al Passatge Vapor Vell, 1, Barri de Sants, Barcelona.



Figura 1.1. Vista aèria de l'emplaçament de la Biblioteca Vapor Vell

1.4. Titular

La Biblioteca Municipal Vapor Vell és de titularitat pública.

1.5. Descripció de la distribució de l'edifici

Vapor Vell és un antic edifici del barri de Sants que en el seu moment va ser una gran fàbrica tèxtil. Actualment aquest edifici es divideix amb l'escola Barrufet i la Biblioteca Municipal Vapor Vell.

La biblioteca es reparteix en tres plantes que inclouen les següents sales.

Planta Baixa (P0)

- Àrea d'accés

Planta tercera (P3)

- Servei de préstec
- Espai de treball intern
- Despatx de direcció
- Sanitaris P3
- Àrea d'audiovisuals i revistes
- Àrea Infantil
- Sala tècnica 1

Planta 4 (P4)

- Vestíbul 4
- Sala polivalent
- Sanitaris P4
- Àrea d'informació i fons general
- Sala tècnica 2

En els Plànols 1.1, 1.2, 1.3 i 1.4 de l'Annex I es mostra l'estat actual de la Biblioteca així com la seva distribució.

En aquests espais es climatitzaran totes les sales excepte els sanitaris, les sales tècniques i les escales que van de la P0 a la P4 ja que es considera que per aquests tipus d'espais la climatització és totalment innecessària i només implica un augment d'energia tèrmica amb tots els inconvenients que això pot suposar (mediambientals, logístics, econòmics...).

1.6. Reglaments i normes d'aplicació

1.6.1. Normativa de caràcter general

Ordenació de l'edificació:

Llei 38/1999, de 5 de Novembre, de la Ordenació de la Edificació (B.O.E. núm. 266, 6 de Novembre del 1999)

Codi Tècnic de l'Edificació:

Reial Decret 314/2006, de 17 de març, per el que s'aprova el Codi Tècnic de la Edificació. (B.O.E. núm. 74, 28 de Març del 2006, Correcció d'errades BOE de 25 de Gener de 2008) i posteriors revisions.

Reial Decret 2267/2004, de 3 de Desembre pel que s'aprova el Reglament de seguretat contra incendis els establiments industrials.

Reial Decret 2200/1995, de 28 de Desembre, pel que s'aprova el Reglament de la Infraestructura per la Qualitat i la Seguretat Industrial. (B.O.E. núm. 32, 6 de Febrer del 1996, Correcció d'errades BOE de 6 de Març de 1996)

Reial Decret 411/1997, de 21 de març, pel que es modifica el Real Decret 2200/1995 de 28 de desembre, pel que s'aprova el Reglament de la Infraestructura per la Qualitat i Seguretat Industrial. (B.O.E. núm. 100, 26 d'Abril del 1997).

1.6.2. Impacte ambiental i eficiència energètica

Reglament (UE) Nº 1253/2014 de la Comissió del 7 de Juliol del 2014 "per el que es desenvolupen els requisits de disseny ecològic aplicables a les unitats de ventilació", publicat en el DOUE el 25 de Novembre del 2014.

Reglament Delegat (UE) Nº 811/2013 de la Comissió del 18 de Febrer del 2013 "per el que es complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlament Europeu i del Consell pel que fa a l'etiquetatge energètic d'aparells de calefacció, calefactores combinats, equips combinats d'aparell de calefacció, control de temperatura i dispositiu solar equips combinats de calefactor combinat de control de temperatura i dispositiu solar" publicat al DOUE el 6 de Setembre del 2013.

1.6.3. Calefacció i Climatització

Reglament d'instal·lacions tèrmiques en els edificis (RITE) i les seves instruccions tècniques complementàries (IT) de la versió consolidada del setembre de 2013, que inclou:

Reial Decret 1027/2007, de 20 de Juliol de 1998, pel qual s'aprova el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis. (B.O.E. núm. 207, 29 d'Agost del 2007).

Correcció d'errors del Reial Decret 1027/2007, de 20 Juliol, pel que s'aprova el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis, publicat en el B.O.E. del 28 de Febrer de 2008.

Reial Decret 1826/2009, de 27 de Novembre, pel que es modifica el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis, aprovat pel Reial Decret 1027/2007, de 20 de juliol, publicat en el B.O.E. de l'11 de Desembre de 2009.

Correcció dels errors del Reial Decret 1826/2009, de 27 de Novembre, pel que es modifica el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis, aprovat pel Reial Decret 1027/2007, de 20 de Juliol, publicat en el B.O.E. del 12 de Febrer de 2010.

Reial Decret 238/2013, del 5 d'Abril, pel que es modifiquen determinats articles i instruccions tècniques del Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis, aprovat pel Reial Decret 1027/2007, de 20 de Juliol, publicat el 13 d'Abril de 2013.

Correcció d'errors del Reial Decret 238/2013, del 5 d'Abril, pel que es modifiquen determinats articles i instruccions tècniques del Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis, aprovat pel Reial Decret 1027/2007, de 20 de Juliol, publicat el 5 de Setembre de 2013.

Real Decret 138/2011, de 4 de Febrer, pel que s'aprova el Reglament de seguretat per instal·lacions frigorífiques i les seves instruccions tècniques complementàries. (B.O.E. núm. 57, 8 de Març del 2011).

2. Instal·lació de climatització

2.1. Descripció de les dades bàsiques de l'edifici

2.1.1. Condicions de confort tèrmic interior

L'exigència de qualitat tèrmica de l'ambient depèn dels paràmetres de benestar tèrmics tals com la temperatura seca de l'aire i la temperatura operativa, de la humitat relativa, de la temperatura radiant mitja de l'espai, de la velocitat mitjana del aire i de la intensitat de la turbulència a la zona ocupada.

Segons la IT1.1.4.1.2 del RITE els valors de la temperatura operativa i de la humitat estaran compresos entre 23 i 25 °C (i entre el 45 y el 65 % HR) durant l'estiu i entre 21 i 23 °C (i entre el 40 y el 50 % HR) durant l'hivern.

En aquest projecte es consideren les següents temperatures de confort per al càlcul de càrregues en funció de la zona tractada:

TEMPERATURES DE CONFORT UTILITZADES PER AL CÀLCUL DE CÀRREGUES	
Estiu	Hivern
24 + / - 1 °C	21 °C + / - 1 °C

Encara que aquestes siguin les condicions de càlcul utilitzades en el projecte, la IT3.8 de limitació de temperatures d'ús, indica que per als edificis amb usos administratiu, comercial i/o de pública concurrència, es limitaran les temperatures d'ús interiors de forma que en règim de calefacció no sigui superior als 21 °C i que en règim de refrigeració no sigui inferior als 26 °C, tot i que les temperatures de càlcul han ser les especificades anteriorment.

2.1.2. Condicions exteriors

En el moment de definir les condicions ambientals de l'exterior s'ha seguit la "Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto". Aquesta guia recull dades climàtiques de la ciutat de Barcelona i especifica quins valors de temperatura i humitats són els adequats per fer les instal·lacions de calefacció i refrigeració.

Pel càlcul de calefacció dona els valors un valor de temperatura seca igual a 2 °C amb una humitat relativa del 64 %.

Per altre banda, pel càlcul de refrigeració dona un valor de temperatura seca igual a 32 °C i de temperatura humida de 24 °C. Mitjançant l'àbac psicomètric s'obté un valor de humitat relativa propera al 55 %.

En resum:

Valors ambientals exteriors		
	Estiu	Hivern
Temperatura seca (°C)	32	2
Humitat relativa (%)	55	64
Temperatura Humida (°C)	24	-

2.1.3. Ocupació de les sales

El número de persones màximes que pot haver-hi en un determinat espai, s'estableix a l'article 2 de la secció 3 del "Documento básico de seguridad en caso de incendio". En aquest document es fixa un rati de m²/persona segons el tipus de sala.

Seguidament es mostra cada tipus de sala amb la seva classificació i ocupació total.

Sala	Descripció	Superfície (m ²)	m ² /pers	núm. persones
Àrea d'accés	Vestíbul	57	*	3
Servei de préstec	Vestíbul	114	2	57
Espai de treball intern	Oficina	19	10	2
Despatx de direcció	Oficina	13,2	10	2
Àrea d'audiovisuals i revistes	Biblioteca	311	2	156
Àrea infantil	Biblioteca	350,3	2	176
Espai polivalent	Ús múltiple	38,2	1	39
Vestíbul 4	Vestíbul	30	*	3
Àrea d'informació i fons general	Biblioteca	594,2	2	298

Com es pot veure l'àrea d'accés i el vestíbul 4 no tenen un rati estipulat. Això es deu a que es consideren de pas i per tant només es suposa que hi haurà una ocupació simultània i constant màxima de 3 persones en tot l'espai.

2.1.4. Renovació d'aire pel benestar de la qualitat d'aire interior

L'edifici disposarà d'un sistema de ventilació per a l'aportació del suficient cabal d'aire exterior que eviti, en les diferents sales en que es realitzi alguna activitat humana, la formació d'elevades concentracions de contaminants, d'acord amb el que s'indica a la IT 1.1.4.2, a la UNE-EN13779 i a la UNE100713.

Per a complir amb l'exigència de la qualitat d'aire interior, s'haurà de garantir el cabal d'aire i el grau de filtració mínim segons la categoria de l'aire interior (IDA) requerida.

El cabal mínim d'aire de ventilació complirà amb l'indicat a la IT 1.4.2.3. S'ha escollit el mètode indirecte de cabal d'aire exterior per persona, que implica utilitzar els valors indicats a la taula següent:

TAULA 1.4.2.1 CABALS D'AIRE EXTERIOR, EN L/S PER PERSONA	
Categoria	l/s per persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Com que l'edifici en estudi es tracta d'una biblioteca i està classificada com a IDA 2 s'agafarà com a cabal mínim de ventilació el valor de 45 m³/h per persona.

Llavors mitjançant aquest valor i el número de persones màximes per espai s'obté el cabal de ventilació total per a cada sala:

Sala	Núm. persones	Cabal de ventilació (m ³ /h)
Àrea d'accés	3	135
Servei de préstec	57	2.565
Espai de treball intern	2	90
Despatx de direcció	2	90
Àrea d'audiovisuals i revistes	156	7.020
Àrea infantil	176	7.920
Espai polivalent	39	1.755

Vestíbul 4	3	135
Àrea d'informació i fons general	298	13.410

2.2. Càlcul de les necessitats tèrmiques de l'edifici

Per tal d'assegurar que en qualsevol època de l'any les condicions ambientals de l'interior de l'edifici són les de disseny, s'estudiaran les càrregues tèrmiques de calefacció i de refrigeració per tot l'edifici excepte pels sanitaris i les escales ja que no es consideren zones que necessitin una climatització.

Càrrega tèrmica de refrigeració

Pel càlcul de la càrrega tèrmica de refrigeració s'agafa la següent equació com a fórmula general:

$$Q_f = Q_L + Q_S \quad (\text{Eq. 2.1})$$

On:

Q_f : Càrrega tèrmica de refrigeració (W)

Q_L : Càrrega tèrmica latent (W)

Q_S : Càrrega tèrmica Sensible (W)

Llavors la càrrega tèrmica de refrigeració és divideix amb els següents dos grups:

Càrrega tèrmica sensible de refrigeració:

- Càrrega tèrmica provocada per la radiació solar.
- Càrrega tèrmica provocada per la transmissió de calor.
- Càrrega tèrmica sensible deguda a la ventilació.
- Càrrega tèrmica sensible deguda a l'ocupació.
- Càrrega tèrmica deguda a la il·luminació i aparells elèctrics.

Càrrega tèrmica sensible de refrigeració:

- Càrrega tèrmica latent deguda a la ventilació.
- Càrrega tèrmica latent deguda a l'ocupació.

Per començar es determinarà la càrrega tèrmica sensible i les seves components.

Càrrega tèrmica sensible de refrigeració

Les carregues tèrmiques sensibles són aquelles que originen una variació de temperatura a l'aire interior de l'edifici.

Seguidament s'explica el procediment de càlcul per cada tipus de càrrega sensible:

Càrrega tèrmica provocada per la radiació solar

Aquesta càrrega tèrmica es deu a la radiació solar que impacta a la superfície dels vidres. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F \quad (\text{Eq. 2.2})$$

On:

Q_{sr} : Càrrega tèrmica total provocada per la radiació solar a través dels vidres (W).

S: Superfície total de finestres exposades a la radiació (m^2).

R: Radiació solar per m^2 que impacta a la superfície dels vidres (W/m^2).

F: Factor de correcció solar.

Ja que el valor de la radiació solar varia en funció de l'orientació (Nord, Sud, Est, Oest) dels vidres, s'ha utilitzat com a font d'informació la pagina web de *Photovoltaic Geographical Informations System*. Aquesta font d'informació en permet obtenir la radiació solar horària a un pla vertical, situat a la ubicació de la biblioteca, durant un dia tipus d'agost (cas més extrem) per a cada una de les orientacions possibles. S'ha escollit els valors solars màxims per tal d'escollir el cas més extrem.

Seguidament es mostren els valors:

Orientació Paret	Nord	Sud	Est	Oest	Sostre
Radiació (W/m^2)	94	435	554	554	0

Per altra banda el factor de correcció solar es determina segons el tipus de vidre. El tipus de vidre utilitzat a les finestres de la biblioteca és un vidre de baixa emissivitat amb unes proporcions de 4-12-6 el qual té un factor de correcció solar de 0,7.

Un cop obtinguts els valors de radiació solar i de correcció solar es procedeix a calcular la càrrega tèrmica per radiació a cada una de les sales:

Sala	Planta	Superfície de vidre (m ²)					Q _{sr} (W)					
		N	S	E	O	Sostre	N	S	E	O	Sostre	Total (kW)
Àrea d'accés	0	-	17,2	-	-	-	-	5225	-	-	-	5,2
Servei de préstec	3	9,3	-	-	-	-	610	-	-	-	-	0,6
Espai de treball intern	3	-	4,6	-	-	-	-	1401	-	-	-	1,4
Despatx de direcció	3	-	2,3	-	-	-	-	700	-	-	-	0,7
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	16,0	-	-	-	-	1053	-	-	-	-	1,1
Àrea infantil	3	8,0	22	-	-	-	526	6699	-	-	-	7,2
Espai polivalent	4	11,3		-	-	-	744	-	-	-	-	0,7
Vestíbul	4	-	15,1	-	-	-	-	4589	-	-	-	4,6
Àrea d'informació i fons general	4	20,4	18,7	-	-	58,8	1342	5694	-	-	3869	10,9
TOTAL												32,5

Càrrega tèrmica provocada per la transmissió de calor

Aquesta càrrega tèrmica s'origina per la diferència de temperatura entre l'ambient exterior i interior. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{str} = U \cdot S \cdot (T_{ext} - T_{int}) \quad (\text{Eq. 2.3})$$

On:

Q_{STR}: Càrrega tèrmica total per la transmissió de calor a través de parets, sostres i vidres (W).

S: Superfície total de paret, sostres o vidres que estan en contacte amb l'exterior (m²).

U: Coeficient global de transmissió tèrmica de la paret, sostre o finestra (W/m²·°C).

T_{ext}: Temperatura de l'aire de l'ambient exterior de l'edifici (°C).



T_{int} : Temperatura de disseny de l'interior de l'edifici (°C).

Pel càlcul del valor de la transmitància tèrmica s'utilitza la següent expressió com a formula general:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_a + R_j} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

On:

R_T : Resistència tèrmica total

R_{si} : Resistència tèrmica superficial interior

R_{se} : Resistència tèrmica superficial exterior.

R_a : Resistència tèrmica aire

R_j : Resistència tèrmica de cada capa que forma l'element constructiu

Pel que fa als valors de les resistències tèrmiques superficials estan determinats a la taula 1 del document DA DB-HE del Ministerio de Fomento. Aquests valors varien en funció del sentit dels fluxos(interior, exterior) i vertical i horitzontal de la calor.

El valor de la resistència tèrmica de la cambra d'aire es determina a la taula 2 del document DA DB-HE del Ministerio de Fomento. El seu valor canvia depenent de si és una cambra d'aire estanca o amb moviment.

Per altre banda el valor de la resistència tèrmica per capa és funció de la següent expressió:

$$R_j = \frac{e_j}{\lambda_j} \quad (\text{Eq. 2.5})$$

On:

e_j : espessor del material

λ_j : conductivitat del material

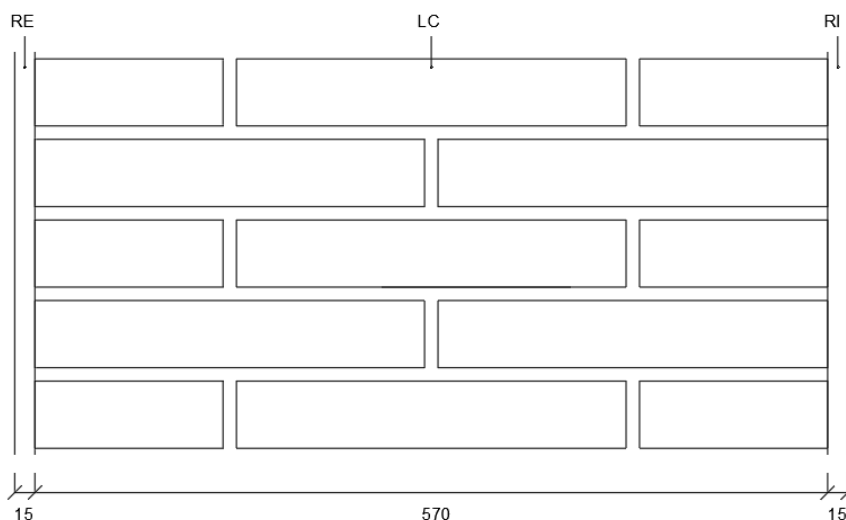
Llavors pel càlcul de la transmitància és necessari conèixer la grossor i conductivitat de cada un dels materials que formen l'element constructiu.

En el projecte en estudi hi ha fins a 4 elements constructius de rellevància amb diferent transmitància tèrmica. Als plànols realitzats es poden ubicar cada un dels elements constructius. A continuació es fa un anàlisis precís de cada element constructiu, s'analitzen els diferents materials que formen les façanes i sostres i mitjançant la

seva conductivitat (extreta de la pagina web del codi tècnic d'edificació) es calcula la transmitància de cada paret.

Façana Antiga

Aquesta paret és l'original de l'edifici. Totes les façanes de l'edifici tenen aquesta estructura excepte la façana oest, ja que es va esbucar i va ser reconstruïda posteriorment. A continuació es pot veure la secció, amb detall, de la Façana Antiga.

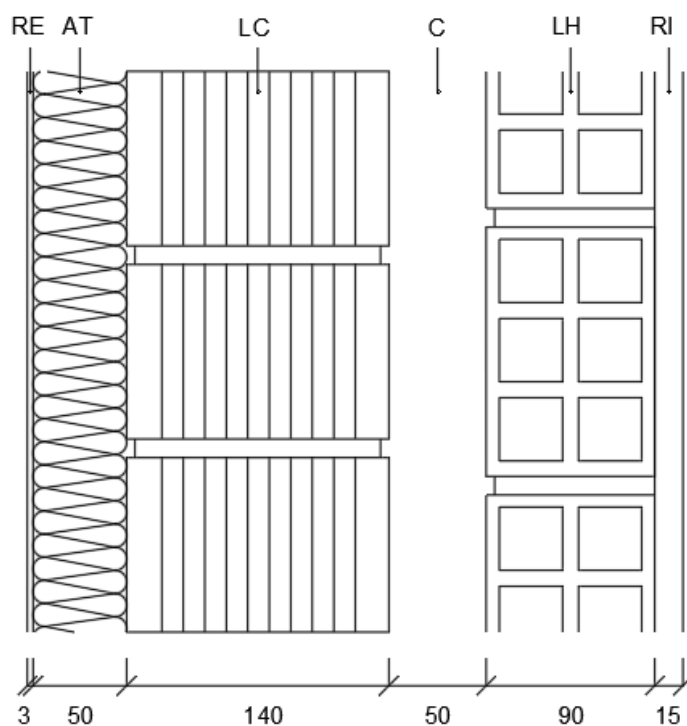


Com es pot veure a l'esquema la façana antiga està composta per 3 materials diferents. A la següent taula s'expliquen les característiques de cada material i es calcula la transmitància total de la façana.

Façana antiga			
Material	Conductivitat (W/m·k)	Espessor (cm)	Resistència
Rse			0,0
Maó massís	0,85	58,5	0,7
Guix	0,3	1,5	0,1
Rsi			0,1
Transmitància (W/m²·k)			1,1

Façana nova

Aquesta façana està orientada cap a l'oest. En el seu moment es va esbucar i va ser reconstruïda amb materials diferents. A continuació es pot veure la seva secció:

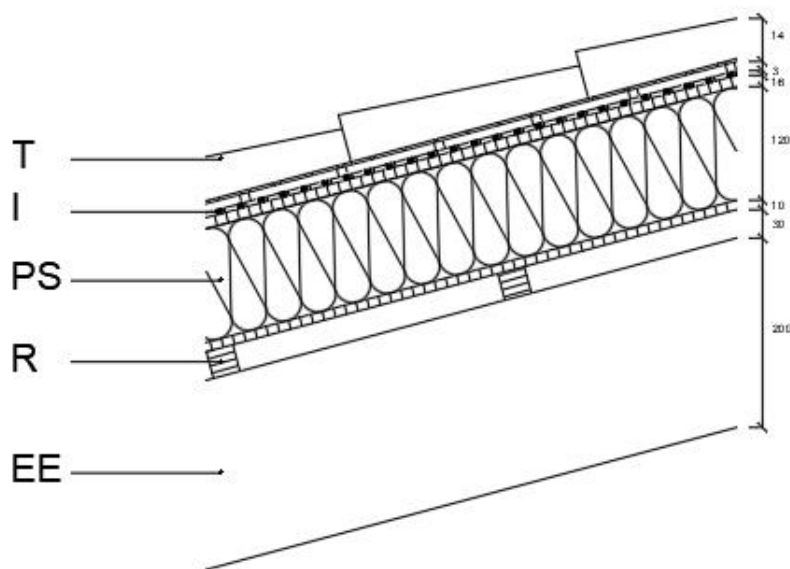


Com es pot veure a l'esquema anterior, la façana nova està formada per 6 materials diferents. A la següent taula s'expliquen les característiques de cada material i es calcula la transmissió total de la façana.

Façana nova			
Material	Conductivitat (W/m·k)	Espessor (cm)	Resistència
Rse			0,04
Xapa acer corten	50	0,3	0
Poliuretà projectat	0,028	5	1,79
Gero	0,35	14	0,40
Aire	0,024	5	0,18
Toxana	0,29	9	0,31
Guix	0,3	1,5	0,05
Rsi			0,13
Transmissió (W/m²·k)			0,35

Sostre de fusta

És el sostre de l'àrea d'informació general. A continuació es pot veure la seva secció:



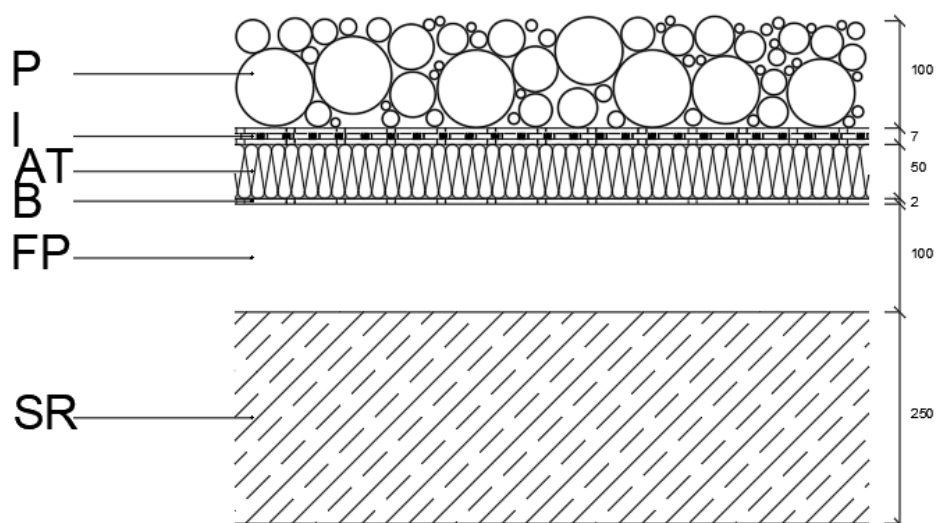
A l'esquema anterior s'observen fins a 7 capes. Les dues primeres són materials que només aguanten els sostres, no són uniformes per tot el sostre i per tant no aïllen de l'ambient exterior. A la següent taula podem trobar els altres materials del sostre els quals sí que s'oposen a l'intercanvi de calor entre l'ambient interior i l'exterior:

Sostre Fusta			
Material	Conductivitat (W/m·k)	Espessor (cm)	Resistència
Rse			0,04
Teula	1	1	0,01
Aire			0,08
Panel osb	0,13	1	0,08
Poliestirè extruït	0,033	12	3,64
Panel osb	0,13	1,6	0,12
Rsi			0,17
Transmitància (W/m ² ·k)			0,24

Sostre amb grava

Aquest sostre el podem ubicar tant a la planta 3 (sostre de despatx i sala de reunions) com a la planta quatre (sostre de sala polivalent i vestíbul 4).

Seguidament es pot veure la seva secció:



A l'esquema anterior hi ha representats 5 materials diferents. Tres d'aquests no es tenen en compte en el moment del càlcul de la transmitància ja que no tenen una funció d'aïllament i la seva resistència tèrmica es pràcticament nul·la. A continuació s'expliquen les característiques dels materials aïllants que formen part del sostre:

Sostre Grava			
Material	Conductivitat (W/m·k)	Espessor (cm)	Resistència
Rse			0,04
Grava	1,21	10	0,08
Poliestirè extruïdo	0,033	5	1,52
Formigó	1,2	10	0,08
Rsi			0,17
Transmitància (W/m²·k)			0,53

A més d'aquests quatre elements constructius que intervenen en la transmissió de calor, també hi tindrem en compte el vidre. Tot i que no sigui un element estructural de l'edifici també hi ha una transferència de calor a través dels vidres de les finestres i finestrals.

A continuació s'expliquen les propietats del vidre:

Vidre

El tipus de vidre utilitzat a les finestres i finestrals de la biblioteca és un vidre de baixa emissivitat de dimensions de 4-12-6. Segons la “Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios” de l’IDAE aquest tipus de vidre té una transmitància de 2.1 (W/m²·K).

Un cop explicats els valors de les diferents transmitàncies es calcula el valor de la càrrega tèrmica per transmissió agafant els valors de les temperatures explicades en el punt 2.1.1. i 2.1.2. i mesurant les àrees de les respectives façanes, sostres o vidres.

S’obté:

Sala	Planta	Q _{str} (W)					Total (kW)
		N	S	E	O	Sostre	
Àrea d'accés	0		427		39		0,47
Servei préstec	3	343			137		0,48
Sala de màquines 1	3		206			81	0,21
Despatx de direcció	3		103		31	56	0,13
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	843					0,84
Àrea infantil	3	416	1155				1,57
Espai polivalent	4	296			75	162	0,37
Vestíbul 4	4		281			127	0,28
Àrea d'informació i fons general	4	496	942	75		2681	4,19
TOTAL							8,55

Càrrega tèrmica sensible a causa de la ventilació

Aquesta càrrega es deu a la potència necessària per tal d’adaptar la temperatura de l’aire exterior a l’interior de disseny. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{sv} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (\Delta T) \quad (\text{Eq. 2.6})$$

On:

Q_{sv} : Càrrega tèrmica total per ventilació

V: Cabal d'aire de ventilació (m^3/s)

ρ : Densitat de l'aire ($1,18 \text{ kg/m}^3$)

C_p : Calor específic aire (1012 kJ/kg)

ΔT : Diferència de temperatura entre l'ambient exterior i l'interior ($^{\circ}\text{C}$)

El cabal d'aire de ventilació ve definit per el RITE, aquest document classifica els diferents tipus de edificis i sala amb quatre rangs diferents (IDA 1,2 3 4). Les sales del projecte en estudi estan classificades com a IDA 2, això implica un cabal mínim de $45 \text{ m}^3/\text{h}$ d'aire exterior per persona. Llavors s'obtenen els següents valors per a cada sala:

Sala	Planta	Ventilació (m^3/h)	Càrrega tèrmica vent. sensible (kW)	Càrrega tèrmica vent. latent (kW)	Total (kW)
Àrea d'accés	0	135	0,36	0,40	0,76
Servei de préstec	3	2565	6,81	7,59	14,40
Sala màquines 1	3	90	0,24	0,27	0,51
Despatx de direcció	3	90	0,24	0,27	0,51
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	7020	18,63	20,77	39,40
Àrea infantil	3	7920	21,02	23,44	44,45
Espai polivalent	4	1755	4,66	5,19	9,85
Vestíbul 4	4	135	0,36	0,40	0,76
Àrea informació i fons general	4	13410	35,59	39,68	75,27
				TOTAL	185,90

Càrrega tèrmica sensible deguda a l'ocupació

L'ésser humà és un cos calent que desprèn calor sensible de les següents maneres:

- Radiació: La temperatura mitja del cos és superior als objectes que l'envolten.

- Convecció: La superfície de la pell és superior a l'aire que l'envolta.
- Conducció: Quan el cos està amb contacte amb un objecte.

El valor d'aquest calor sensible s'expressa a la següent expressió:

$$Q_{sp} = n \cdot C_{sp} \quad (\text{Eq. 2.7})$$

On:

Q_{sp} : Càrrega tèrmica sensible per ocupació

n : Número de persones que hi ha a la sala

C_{sp} : calor sensible que desprèn cada persona (65 W/p)

El calor sensible que desprèn cada persona està definit a la norma UNE-EN ISO 8996. En ella s'estipula el calor sensible que desprèn una persona en funció de l'activitat que està fent. En el cas en estudi s'ha escollit l'estat de la persona com a: *persona asseguda*. Segons la taula tal de l'IDEA implica un valor de 65 W per persona

Llavors la càrrega tèrmica de cada sala és:

Sala	Planta	Ocupació		
		Càrrega sensible (kW)	Càrrega latent (kW)	Total (kW)
Àrea d'accés	0	0,20	0,11	0,30
Servei de préstec	3	3,71	2,00	5,70
Sala de màquines 1	3	0,13	0,07	0,20
Despatx de direcció	3	0,13	0,07	0,20
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	10,14	5,46	15,60
Àrea infantil	3	11,44	6,16	17,60
Espai polivalent	4	2,54	1,37	3,90
Vestíbul	4	0,20	0,11	0,30
Àrea d'informació i fons general	4	19,37	10,43	29,80
TOTAL		47,84	25,76	73,60

Càrrega tèrmica deguda a la il·luminació i aparells elèctrics

Aquesta càrrega es deu a tota la calor que generen els objectes de il·luminació (bombetes, halògens...) i aparells elèctrics (ordenadors, impressores...). El càlcul del seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{se} = S \cdot C_{se} \quad (\text{Eq. 2.8})$$

On:

Q_{se} : Càrrega tèrmica sensible de il·luminació i aparells elèctrics

S: Superfície de la sala (m^2)

C_{se} : Rati de calor generada (15 W/m^2)

El valor del rati ha estat proporcionat per una enginyeria.

		Il·luminació i ordenadors
Sala	Planta	Càrrega tèrmica (kW)
Àrea d'accés	0	0,9
Servei de préstec	3	1,7
Sala de màquines 1	3	0,3
Despatx de direcció	3	0,2
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	4,7
Àrea infantil	3	5,3
Espai polivalent	4	0,6
Vestíbul 4+	4	0,5
Àrea d'informació i fons general	4	8,9
TOTAL		22,9

Càrrega tèrmica latent de refrigeració

Les carregues tèrmiques latents són aquelles que originen una variació d'humitat a l'aire interior de l'edifici.

Seguidament s'explica el procediment de càlcul per cada tipus de càrrega latent:

Càrrega tèrmica latent deguda a la ventilació

Aquesta càrrega es deu a la potència necessària per tal d'adaptar la humitat de l'aire exterior a la d'interior de disseny. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{lv} = V \cdot \rho \cdot C_l \cdot (\Delta w) \quad (\text{Eq. 2.9})$$

On:

Q_v : Càrrega tèrmica latent total per ventilació (W)

V: Cabal d'aire de ventilació (m^3/s).

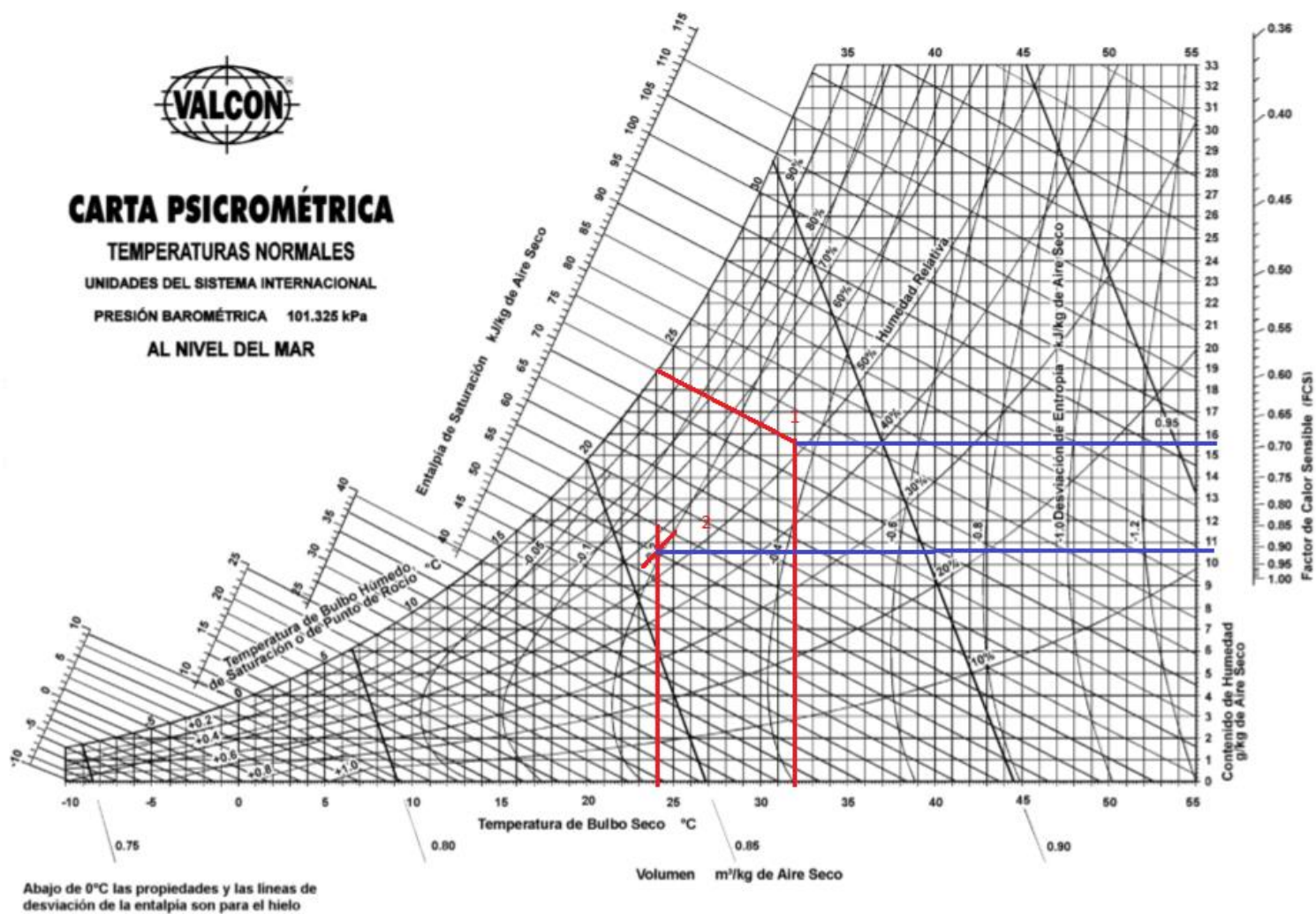
ρ : Densitat de l'aire ($1,18 \text{ kg}/\text{m}^3$)

C_p : Calor latent de vaporització de l'aigua ($2257 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{aigua}}$)

Δw : Diferència d'humitat absoluta entre l'ambient exterior i l'interior ($\text{kg}_{\text{aigua}}/\text{kg}_{\text{aire}}$)

La diferència d'humitat absoluta s'obté a partir del diagrama psicomètric i els valors de temperatura i humitat explicats a l'apartat 2.1.1 i 2.1.2 del present projecte

Lavors amb aquests valors s'obtenen el següents punts a l'àbac psicomètric:



A la figura precedent hi ha representats dos punts:

Punt 1: Fa referència a les condicions de l'aire a l'exterior de l'edifici. S'obté a partir de la temperatura seca exterior (32 °C) i la temperatura humida exterior (24 °C). Mitjançant aquest dos valors s'obté una humitat absoluta de 0,015 kg d'aigua per cada kg d'aire.

Punt 2: Fa referència a les condicions de l'aire a l'interior de l'edifici. S'obté a partir de la temperatura seca interior (24 °C) i la humitat de disseny interior (55 %). Mitjançant aquest dos valors s'obté una humitat absoluta de 0,011 kg d'aigua per cada kg d'aire.

Llavors la càrrega tèrmica latent de cada sala és:

Sala	Planta	Ventilació (m ³ /h)	Càrrega tèrmica vent. latent (kW)
Àrea d'accés	0	135	0,40
Servei de préstec	3	2565	7,59
Sala màquines 1	3	90	0,27
Despatx de direcció	3	90	0,27
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	7020	20,77
Àrea infantil	3	7920	23,44
Espai polivalent	4	1755	5,19
Vestíbul 4	4	135	0,40
Àrea informació i fons general	4	13410	39,68
TOTAL			185,90

Càrrega tèrmica latent deguda a l'ocupació

L'ésser humà a part de generar calor sensible també genera calor latent mitjança la respiració i la vaporació cutània. Aquesta calor latent és funció de la següent expressió:

$$Q_{lp} = n \cdot C_{SP} \quad (\text{Eq. 2.10})$$

On:

Q_{lp} : Càrrega tèrmica latent per ocupació(W)

n: Número de persones que hi ha a la sala

C_{lp} : Calor sensible que desprèn cada persona (W/p).

El calor latent que desprèn cada persona està definit a la norma UNE-EN ISO 8996. En ella s'estipula el calor latent que desprèn una persona en funció de l'activitat que està fent. En el cas en estudi s'ha escollit l'estat de la persona com a: *persona asseguda*.

Lavors la càrrega tèrmica de cada sala és:

Sala	Planta	Ocupació
		Càrrega latent (kW)
Àrea d'accés	0	0,11
Servei de préstec	3	2,00
Sala de màquines 1	3	0,07
Despatx de direcció	3	0,07
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	5,46
Àrea infantil	3	6,16
Espai polivalent	4	1,37
Vestíbul 4	4	0,11
Àrea d'informació i fons general	4	10,43
TOTAL		25,76

Càrrega tèrmica de calefacció

Pel càlcul de la càrrega tèrmica de calefacció s'agafa la següent equació com a fórmula general:

$$Q_C = Q_L + Q_S \quad (\text{Eq. 2.11})$$

On:

Q_C : Càrrega tèrmica de calefacció (W)

Q_L : Càrrega tèrmica latent (W)

Q_S : Càrrega tèrmica sensible (W)

Llavors la càrrega tèrmica de calefacció és divideix amb els següents dos grups:

Càrrega tèrmica sensible de calefacció:

- Càrrega tèrmica provocada per la transmissió de calor.
- Càrrega tèrmica sensible deguda a la ventilació.

Càrrega tèrmica latent de calefacció:

- Càrrega tèrmica latent deguda a la ventilació.

Per començar es determinarà la càrrega tèrmica sensible i les seves components.

Càrrega tèrmica sensible de calefacció

Les carregues tèrmiques sensibles són aquelles que originen una variació de temperatura a l'aire interior de l'edifici.

Seguidament s'explica el procediment de càlcul per cada tipus de càrrega sensible:

Càrrega tèrmica provocada per la transmissió de calor

Aquesta càrrega tèrmica s'origina per la diferència de temperatura entre l'ambient exterior i interior. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{str} = U \cdot S \cdot (T_{ext} - T_{int}) \quad (\text{Eq. 2.12})$$

On:

Q_{STR} : Càrrega tèrmica total per la transmissió de calor a través de parets, sostres i vidres (W).

S: Superfície total de paret, sostres o vidres que estan en contacte amb l'exterior (m^2).

U: Coeficient global de transmissió tèrmica de la paret, sostre o finestra ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

T_{ext} : Temperatura de l'aire de l'ambient exterior de l'edifici ($^\circ C$).

T_{int} : Temperatura de disseny de l'interior de l'edifici ($^\circ C$).

Pel càlcul del valor de la transmissió tèrmica s'ha explicat a anteriorment.

Respecte a l'apartat de refrigeració hi ha una petita diferència en el valor de les resistències tèrmiques superficials ja que el sentit del flux de calor a l'edifici en calefacció és contrari al de refrigeració.

En aquest cas els valors de la resistència tèrmica superficial interior dels sostres tenen un valor de 0,1 mentre que abans tenien un valor de 0,17.

Seguidament hi ha el càlcul de càrrega de cada una de les sales:

Sala	Planta	Q _{str} (W)					
		N	S	E	O	Sostre	Total (kW)
Àrea d'accés	0		688		55		0,74
Servei préstec	3	640			194		0,83
Sala de màquines 1	3		403			90	0,49
Despatx de direcció	3		201		43	63	0,31
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	1699					1,70
Àrea infantil	3	836	2320				3,16
Espai polivalent	4	489			107	181	0,78
Vestíbul 4	4		380			143	0,52
Àrea informació i fons general	4	790	1881	178		5418	8,27
TOTAL							8,55

Càrrega tèrmica sensible deguda a la ventilació.

Aquesta càrrega es deu a la potència necessària per tal d'adaptar la temperatura de l'aire exterior a l'interior de disseny. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{sv} = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T) \quad (\text{Eq. 2.13})$$

On:

Q_{sv} : Càrrega tèrmica total per ventilació

V: Cabal d'aire de ventilació (m³/s)

ρ : Densitat de l'aire ($1,18 \text{ kg/m}^3$)

C_p : Calor específic aire (1012 kJ/kg)

ΔT : Diferència de temperatura entre l'ambient exterior i l'interior ($^{\circ}\text{C}$)

Pel que fa al cabal d'aire de ventilació és el mateix a l'estipulat a l'apartat 2.1.4., el qual està definit pel "RITE" amb un valor de $45 \text{ m}^3/\text{h}$ per persona.

En aquest cas la diferència de temperatura és major que en el cas de refrigeració ja que l'aire exterior ha de passar dels 2°C al 21°C una diferència de 19 graus.

Llavors la càrrega tèrmica sensible de cada sala és:

Sala	Planta	Ventilació	
		Ventilació (m^3/h)	Càrrega tèrmica vent. sensible (kW)
Àrea d'accés	0	135	0,36
Servei de préstec	3	2565	6,81
Sala de màquines 1	3	90	0,24
Despatx de direcció	3	90	0,24
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	7020	18,63
Àrea infantil	3	7920	21,02
Espai polivalent	4	1755	4,66
Vestíbul 4	4	135	0,36
Àrea d'informació i fons general	4	13410	35,59
TOTAL		33255	87,89

Càrrega tèrmica latent de calefacció

Les carregues tèrmiques latents són aquelles que originen una variació d'humitat a l'aire interior de l'edifici.

Seguidament s'explica el procediment de càlcul per cada tipus de càrrega latent:

Càrrega tèrmica latent deguda a la ventilació

Aquesta càrrega es deu a la potència necessària per tal d'adaptar la humitat de l'aire exterior a la d'interior de disseny. El seu valor és funció de la següent expressió:

$$Q_{lv} = V \cdot \rho \cdot C_l \cdot (\Delta w) \quad (\text{Eq. 2.14})$$

On:

Q_{lv} : Càrrega tèrmica latent total per ventilació (W)

V: Cabal d'aire de ventilació (m^3/s).

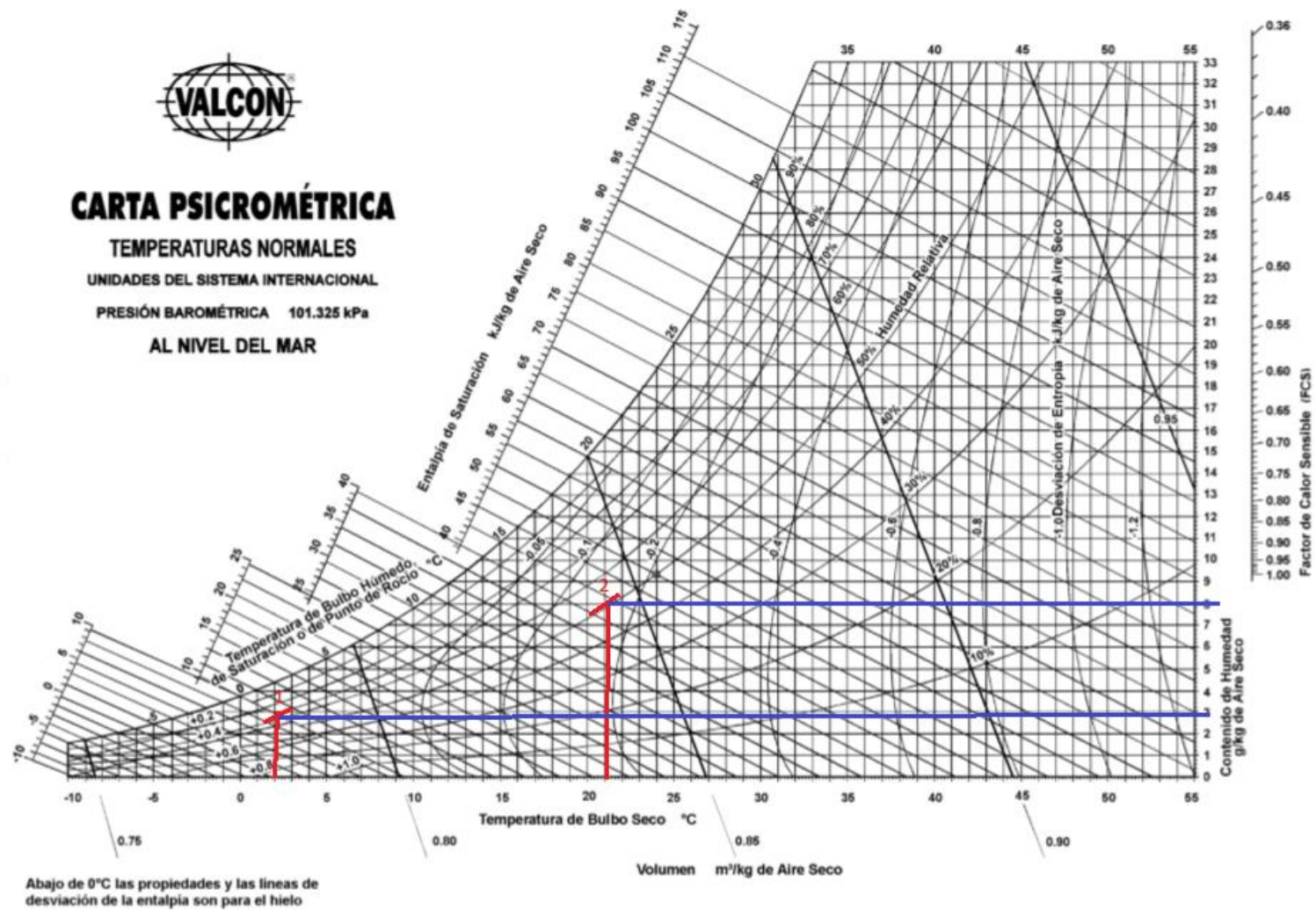
ρ : Densitat de l'aire ($1,18 \text{ kg}/\text{m}^3$)

C_p : Calor latent de vaporització de l'aigua ($2257 \text{ kJ}/\text{kg}_{\text{aigua}}$)

Δw : Diferència d'humitat absoluta entre l'ambient exterior i l'interior ($\text{kg}_{\text{aigua}}/\text{kg}_{\text{aire}}$)

La diferència d'humitat absoluta s'obté a partir del diagrama psicomètric i els valors de temperatura i humitat explicats a l'apartat 2.1.2.

Llavors amb aquests valors s'obtenen el següents punts a l'àbac psicomètric:



A la figura anterior hi ha representats dos punts:

Punt 1: Fa referència a les condicions de l'aire a l'exterior de l'edifici. S'obté a partir de la temperatura seca exterior (2 °C) i la humitat relativa exterior (67 %). Mitjançant aquest dos valors s'obté una humitat absoluta de 0,015 kg d'aigua per cada kg d'aire.

Punt 2: Fa referència a les condicions de l'aire a l'interior de l'edifici. S'obté a partir de la temperatura seca interior (21 °C) i la humitat de disseny interior (50 %). Mitjançant aquest dos valors s'obté una humitat absoluta de 0,011 kg d'aigua per cada kg d'aire.

Llavors la càrrega tèrmica latent a causa de la ventilació de cada sala és:

Sala	Planta	Ventilació	
		Ventilació (m ³ /h)	Càrrega tèrmica vent. latent (kW)
Àrea d'accés	0	135	0,40
Servei de préstec	3	2565	7,59
Sala de màquines 1	3	90	0,27
Despatx de direcció	3	90	0,27
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	7020	20,77
Àrea infantil	3	7920	23,44
Espai polivalent	4	1755	5,19
Vestíbul	4	135	0,40
Àrea informació i fons general	4	13410	39,68
TOTAL		33255	98,01

Finalment es detalla el resum del balanç tèrmic realitzat de tot l'edifici.

2.2.1. Resultats del càlcul de les necessitats tèrmiques de refrigeració

Sala	Planta	Q _{st} (kW)	Q _{str} (kW)	Ventilació		Ocupació		Il·lumi-nació	TOTAL		
		Sensible	Sensible	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Sensible (kW)	Latent (kW)	Total (kW)
Àrea d'accés	0	5,2	0,47	0,36	0,40	0,20	0,11	0,9	7,1	0,5	7,6
Servei de préstec	3	0,6	0,48	6,81	7,59	3,71	2,00	1,7	13,3	9,6	22,9
Sala de màquines 1	3	1,4	0,21	0,24	0,27	0,13	0,07	0,3	2,3	0,3	2,6
Despatx de direcció	3	0,7	0,13	0,24	0,27	0,13	0,07	0,2	1,4	0,3	1,7
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	1,1	0,84	18,63	20,77	10,14	5,46	4,7	35,3	26,2	61,6
Àrea infantil	3	7,2	1,57	21,02	23,44	11,44	6,16	5,3	46,5	29,6	76,1
Espai polivalent	4	0,7	0,37	4,66	5,19	2,54	1,37	0,6	8,9	6,6	15,4
Vestíbul 4	4	4,6	0,28	0,36	0,40	0,20	0,11	0,5	5,9	0,5	6,4
Àrea informació i fons general	4	10,9	4,19	35,59	39,68	19,37	10,43	8,9	79,0	50,1	129,1
									TOTAL		323,40

2.3. Descripció general del sistema de climatització

Després d'analitzar la demanda tèrmica i les característiques de l'edifici es decideix que tan sols comptarà amb un circuit de climatització tant per l'hivern com per l'estiu. Aquest serà un circuit tancat pel qual hi circularà l'aigua com a fluid transportador energètic. El sistema estarà compost principalment per una bomba de calor, unitats de tractaments d'aire primari i fancoils. Tots ells són de dos tubs.

2.3.1. Zones de climatització

Donades les característiques constructives de l'edifici i a l'ús a que es destinarà, s'ha decidit treballar el projecte en 4 grans blocs per tal de que la instal·lació de climatització ofereixi els màxims avantatges de confort tèrmic, d'estalvi energètic i de flexibilitat a nivell de producció de fred i de calor.

Zones de climatització	Sala
Zona 1	Àrea d'informació i fons general
Zona 2	Servei de préstec
	Espai de treball intern
	Despatx de direcció
	Àrea d'audiovisuals i revistes
	Àrea infantil
Zona 3	Espai polivalent
	Vestíbul 4
Zona 4	Àrea d'accés

Zona 1

Climatitza l'àrea d'informació i fons general.

En aquesta zona es divideix la càrrega tèrmica entre la UTA.1 i un grup de fancoils. La unitat de tractament d'aire primari assumeix la càrrega tèrmica de ventilació mentre que els fancoils assumeixen la resta de càrrega.

Llavors les carregues tèrmiques que ha d'assumir cada element són:

	U.T.A	Fancoils
Càrrega de calefacció (kW)	134	8,3
Càrrega de refrigeració (kW)	75,3	53,81

Zona 2

Climatitza els següents espais:

- Servei de préstec
- Espai de treball intern
- Despatx de direcció
- Àrea d'audiovisuals i revistes
- Àrea infantil

En aquesta zona es divideix la càrrega tèrmica entre la UTA.2 i un grup de fancoils. La unitat de tractament d'aire primari assumeix la càrrega tèrmica de ventilació mentre que els fancoils assumeixen la resta de càrrega.

Llavors les carregues tèrmiques que ha de assumir cada tipus d'equip són:

	U.T.A	Fancoils
Càrrega de calefacció (kW)	115,3	71,84
Càrrega de refrigeració (kW)	52,3	65,6

Zona 3

Climatitza l'espai polivalent i el vestíbul.

Aquesta sala moltes vegades s'utilitza com a sala d'estudi durant les nits. Per tant mentrestant aquesta roman oberta les altres estan tancades i no tenen la necessitat de fer front a les carregues tèrmiques. Per aquest motiu de la climatització d'aquesta sala s'encarrega tan sols la UTA.3

Les carregues tèrmiques d'aquest espai són:

	U.T.A
Càrrega de calefacció (kW)	20,2
Càrrega de refrigeració (kW)	21,8

Zona 4

Climatitza l'àrea d'accés.

Per últim aquesta sala estarà climatitzada per fancoils i per un Split autònom.

L'split autònom s'encarregarà de la càrrega de ventilació mentre que tota la resta de la càrrega serà absorbida pel grup de fancoils.

Llavors les carregues tèrmiques que ha de assumir cada tipus d'equip són:

	SPLIT	Fancoils
Càrrega de calefacció (kW)	1,4	0,7
Càrrega de refrigeració (kW)	0,8	6,8

2.3.2. Equips tèrmics

Fancoil

Un Fancoil és un element terminal que s'encarrega d'escalfar o refredar l'aire interior d'un espai determinat. En el projecte en estudi s'utilitzaran fancoils de dos tubs. Això implica que tan sols té un tub de impulsió i un de retorn per la qual cosa només podrà subministrar aire calent o fred segons l'època de l'any. Un fancoil, com el seu nom indica, està compostat per 2 elements principals:

- Bateria d'aigua per la qual circula l'aigua que ha de refredar o escalfar l'aire de l'ambient.
- Ventilador que força l'aire a passar per la bateria. Amb aquest element es controla el cabal d'aire que ha d'anar passant per la bateria.

Unitat de tractament d'aire primari

Les unitats de tractament d'aire primari són els encarregades de tractar l'aire del carrer abans de introduir-lo a dins de l'edifici. Un cop han tractat l'aire, aquest es impulsat per una sèrie de conductes fins arribar a uns difusors tèrmics que són els encarregats de distribuir l'aire per les sales. Generalment la UTA tan sols haurà de cobrir la demanda tèrmica generada per la ventilaciója que les altres demandes tèrmiques estaran cobertes pels fancoil. A continuació s'expliquen les parts principals d'una unitat de tractament d'aire primari:

- Entrada d'aire i mescla: Per a que el sistema instal·lat compleixi la normativa ha d'haver-hi una renovació d'aire constant a l'interior de l'edifici. Així s'evita que hi hagi un excés de CO₂ o altres partícules perjudicials per la salut a l'interior de l'edifici. A més, en els casos en que la UTA ha de cobrir

més demanda de la causada per la ventilació existirà un mescla d'aire del qual una part prové de l'interior de l'edifici.

- Bateria de filtres: es tracta d'una sèrie de filtres que netegen l'aire exterior per millorar la qualitat de l'aire. Depèn de la qualitat de l'aire que es vulgui a l'interior de l'edifici s'utilitzaran uns tipus de filtres o uns altres.
- Bateria d'aigua: Fa la funció d'intercanviador de calor mitjançant un serpentí per on passa l'aigua. Durant l'estiu refreda l'aire exterior i durant l'hivern l'escalfarà.
- Humidificador: S'utilitza per augmentar la humitat de l'aire exterior i així poder arribar a les condicions de disseny interior
- Ventilador: És l'element que s'encarrega de generar el cabal d'aire necessari i el fa circular pels conductes de ventilació. Pot ser d'impulsió o de retorn.

Bomba de calor

La bomba de calor és l'encarregada de generar la potència tèrmica total de l'edifici. Aquesta potència es transportarà per l'aigua per arribar, finalment, a les bateries d'aigua de les U.T.A i fancoils.

En el cas en estudi s'utilitzarà una bomba de calor condensada per aire. La bomba de calor tant pot extreure el calor de l'aigua com subministrar-li. Quan estigui en funció de refrigeració rebrà l'aigua que li prové dels Fancoils i les UTA a 12 °C i li extraurà el calor fins que la temperatura de l'aigua es rebaixi fins els 7 °C. Per altra banda quan la bomba estigui en funció de calefacció rebrà l'aigua a 35 °C i l'escalfarà fins els 40 °C.

2.3.3. Dimensionament dels equips tèrmics

2.3.3.1. Bomba de calor

La potència de la bomba de calor ha de ser capaç de assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de calefacció.

	Bomba de calor
Càrrega de calefacció (kW)	348
Càrrega de refrigeració (kW)	323

Llavors la potència tèrmica nominal és de 348 kW.

Un cop és definida la potència tèrmica nominal és calcula el cabal nominal d'aigua de la bomba de calor mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T} \quad (\text{Eq. 2.15})$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T: Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus centígrads (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	Bomba de calor
Potència tèrmica nominal (kW)	348
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	59.9

2.3.3.2. Unitats de tractament d'aire primari

Recuperació de calor i eficiència energètica de les unitats de ventilació

Complint amb l'indicat a la IT 1.2.4.5.2 del RITE, com que el cabal de renovació d'aire per mitjans mecànics és superior a 1800 m³/h, s'haurà de preveure una recuperació de l'energia de l'aire expulsat. El percentatge de l'eficiència d'aquesta recuperació serà la més restrictiva entre l'exigida en el RITE (dels cabals expulsats i del número d'hores de funcionament del sistema, segons l'indicat a la taula 2.4.5.1) i l'exigit pel Reglament (UE) n° 1253/2014.

En el projecte en estudi es troben les següents UTA:

UTA.1

Climatitza la zona 1.

Concretament assumeix la càrrega tèrmica de ventilació de la zona esmentada. Mentre que la resta de càrrega tèrmica és assumida pel grup de fancoils.

La potència tèrmica de la UTA ha de ser capaç de assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de calefacció.

	UTA.1
Càrrega de calefacció (kW)	134
Càrrega de refrigeració (kW)	75,3

Llavors la potència tèrmica nominal és de 134 kW.

Un cop es defineix la potència tèrmica nominal es calcula el cabal nominal d'aigua mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T}$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T : Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	UTA.1
Potència tèrmica nominal (kW)	134
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	23

Per altra banda el cabal d'aire de la zona on actua la UTA.1 s'ha definit anteriorment i té un valor de 13.410 m³/h.

UTA.2

Climatitza la zona 2.

Concretament assumeix la càrrega tèrmica de ventilació de la zona esmentada. Mentre que la resta de càrrega tèrmica és assumida pel grup de fancoils.

La potència tèrmica de la UTA ha de ser capaç d'assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de calefacció.

	UTA.2
Càrrega de calefacció (kW)	112
Càrrega de refrigeració (kW)	99,3

Llavors la potència tèrmica nominal és de 112 kW.

Un cop es definida la potència tèrmica nominal es calcula el cabal nominal d'aigua mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T}$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T: Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus centígrads (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	UTA.2
Potència tèrmica nominal (kW)	112
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	19

Per altre banda el cabal d'aire de la zona on actua la UTA.2 s'ha definit anteriorment i té un valor de 17.685 m³/h.

UTA.3

Climatitza la zona 3.

Com s'ha comentat anteriorment, aquesta zona té la particularitat de que pot estar oberta al públic mentre que les altres no hi estan. Es decideix que la UTA assumeix tota la demanda tèrmica per facilitar el funcionament del sistema.

La potència tèrmica de la UTA ha de ser capaç d'assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de refrigeració.

	UTA.3
Càrrega de calefacció (kW)	20
Càrrega de refrigeració (kW)	21,8

Llavors la potència tèrmica nominal és de 21,8 kW.

Un cop es defineix la potència tèrmica nominal es calcula el cabal nominal d'aigua mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T}$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T : Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

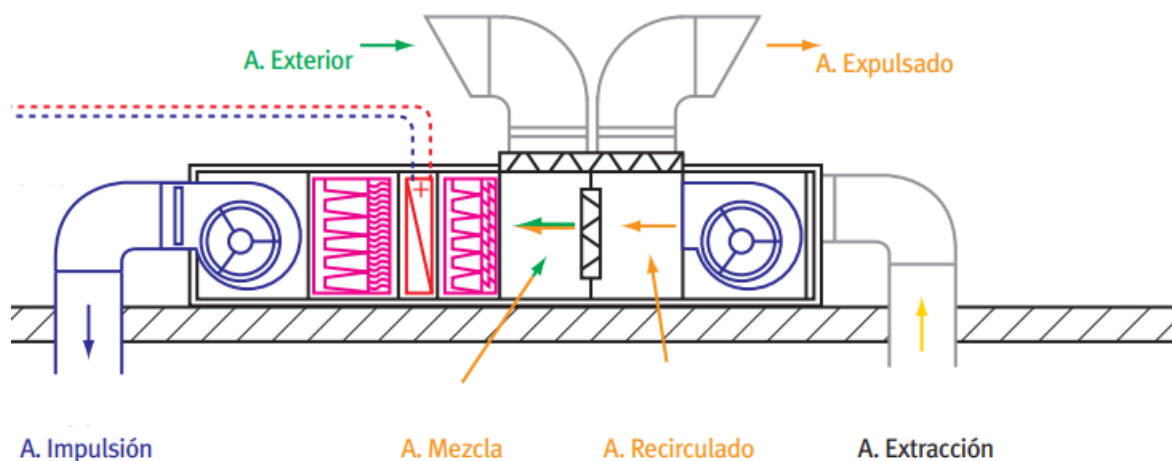
Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus centígrads (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	UTA.3
Potència tèrmica nominal (kW)	21,8
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	3,8

El cabal d'aire d'impulsió de la UTA serà una mescla entre aire exterior i aire interior tal com indica la següent figura:

Això és deu a que en aquest cas la UTA, no només ha de cobrir la demanda de ventilació sinó que ha de cobrir tota la demanda tèrmica de la zona. Aleshores es decideix que la resta de demanda que no correspon a la part de ventilació es cobrirà utilitzant aire provinent de l'interior del local. A nivell energètic és molt més eficient utilitzar l'aire interior ja que la seva temperatura i humitat són més pròximes a les de disseny.

El cabal d'aire interior de recirculació es calcula de la següent manera:



Es calcula el percentatge de demanda tèrmica de ventilació respecte del total:

$$\frac{P_{vent}}{P_T} = \frac{10,6}{21,8} = 0,48 \% \quad (\text{Eq. 2.16})$$

Seguidament s'assumeix que el cabal de ventilació d'aire exterior, definit anteriorment, representa el mateix percentatge del cabal d'aire total que ha representat la demanda tèrmica de ventilació respecte del total.

Llavors:

$$\frac{Q_{vent}}{Q_T} = \frac{1840}{Q_T} = 0.48 \rightarrow Q_T = \frac{1840}{0.48} = 3833 \frac{m^3}{h}$$

Per tant la UTA.3 impulsarà a l'interior un cabal d'aire total de 3.833 m³/h dels qual 1.840 m³/h són de l'exterior i 1.993 m³/h prové de l'interior del local.

2.3.3.3. Fancoils

Fancoils Zona 1

Assumeixen tota la demanda tèrmica excepte la de ventilació.

La potència tèrmica dels fancoils ha de ser capaç d'assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de refrigeració.

	Fancoils Zona 1
Càrrega de calefacció (kW)	8
Càrrega de refrigeració (kW)	53,8

Lavors la potència tèrmica nominal és de 53,8 kW.

Un cop és definida la potència tèrmica nominal es calcula el cabal nominal d'aigua mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T}$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T : Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus centígrads (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	Fancoils Zona 1
Potència tèrmica nominal (kW)	53,8
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	9,3

Suposant que la potència tèrmica de cada fancoil és de 4 kW es pot obtenir el número de fancoils necessaris en condicions de demanda tèrmica màxima:

	Fancoils Zona 1
Potència tèrmica nominal (kW)	53,8
Número de Fancoils	14

Fancoils Zona 2

Assumeixen tota la demanda tèrmica excepte la de ventilació.

La potència tèrmica dels fancoils ha de ser capaç d'assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de refrigeració.

	Fancoils Zona 2
Càrrega de calefacció (kW)	6
Càrrega de refrigeració (kW)	65,6

Llavors la potència tèrmica nominal és de 65,6 kW.

Un cop és definida la potència tèrmica nominal es calcula el cabal nominal d'aigua mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T}$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T : Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus centígrads (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	Fancoils Zona 2
Potència tèrmica nominal (kW)	65,6
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	11,3

Suposant que la potència tèrmica de cada fancoil és de 4 kW es pot obtenir el número de fancoils necessaris en condicions de demanda tèrmica màxima. En aquesta zona en concret com que esta dividida en diferents sales s'estudiarà cada una per separat de manera que cada sala pugui ser autònoma tèrmicament.

Sala	Demanda tèrmica (kW)	Cabal d'aigua (m³/h)	Número Fancoils Zona 2
Servei de préstec	8,5	1,5	3,0
Espai de treball intern	2,1	0,4	1,0
Despatx de direcció	1,2	0,2	1,0
Àrea d'audiovisuals i revistes	22,2	3,8	6,0
Àrea infantil	31,7	5,5	8,0
TOTAL	65,6	11,3	19

Fancoils Zona 4

Assumeixen tota la demanda tèrmica excepte la de ventilació.

La potència tèrmica dels fancoils ha de ser capaç d'assolir els pics de demanda tèrmica calculats anteriorment. En el cas en estudi la demanda tèrmica màxima és la de refrigeració.

	Fancoils Zona 4
Càrrega de calefacció (kW)	0,7
Càrrega de refrigeració (kW)	6,8

Llavors la potència tèrmica nominal és de 6,8 kW.

Un cop és definida la potència tèrmica nominal es calcula el cabal nominal d'aigua mitjançant la següent expressió:

$$Q = P_T \cdot \frac{0,860}{\Delta T}$$

On:

Q: Cabal d'aigua (m³/h)

P_T : Potència tèrmica (kW)

ΔT: Increment de temperatura (°C)

Havent calculat la potència tèrmica necessària anteriorment i sabent que la variació de temperatura a potència nominal és sempre de 5 graus centígrads (40-45 per calefacció i 12-7 per refrigeració) s'obté el següent cabal:

	Fancoils Zona 4
Potència tèrmica nominal (kW)	6.8
Cabal d'aigua nominal (m ³ /h)	1,2

Suposant que la potència tèrmica de cada fancoil és de 4 kW es pot obtenir el número de fancoils necessaris en condicions de demanda tèrmica màxima:

	Fancoils Zona 4
Potència tèrmica nominal (kW)	6,8
Número de Fancoils	2

2.3.3.4. Resum del dimensionament dels equips tèrmics

Sala	Planta	Ventilació (m³/h)		Demanda calefacció total		UTA		Fancoils			
		Ventilació (m³/h)	Potència (kW)	Total (kW)	Cabal aigua (m³/h)	Pot. Total (kW)	Cabal aigua (m³/h)	Pot. Total (kW)	Cabal aigua F (m³/h)	Número fancoils	
Àrea d'accés	0	135	1,4	2,1	0,4	0,0	0,0	0,7	0,13	0,2	1
Zona 4	0	135	1	2	0	0	0	1	0,13		1
Servei de préstec	3	2565	25,7	26,5	4,6	16,2	2,8	0,8	0,14	0,2	1
Espai de treball intern	3	90	0,9	1,4	0,2	0,6	0,1	0,5	0,08	0,1	1
Despatx de direcció	3	90	0,9	1,2	0,2	0,6	0,1	0,3	0,05	0,1	1
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	7020	70,2	71,9	12,4	44,3	7,6	1,7	0,29	0,4	1
Àrea infantil	3	7920	79,2	82,4	14,2	49,9	8,6	3,2	0,54	0,8	1
Zona 2	3	17685	177	183	32	112	19	6	1,12		5,0
Espai polivalent	4	1755	17,6	18,3	3,2	18,3	3,2	0,0	0,00	0,0	0
Vestíbul 4	4	135	1,4	1,9	0,3	1,9	0,3	0,0	0,00	0,0	0
Zona 3	4	1890	19	20	3	20	4	0	0,00		0,0
Àrea d'informació i fons general	4	13410	134,1	142,4	24,5	134,1	23,1	8,3	1,42	2,1	3
Zona 1	4	13410	134	142	25	134	23	8	1,42		3
TOTAL		33120,0	331,2	348,0	59,9	265,8	45,8	15,5	2,7		9,0

Sala	Planta	Ventilació (m³/h)		Demanda frigorífica		UTA		Fancoils			
		Ventilació (m³/h)	Potència (kW)	Total (kW)	Cabal aigua (m³/h)	Pot. Total (kW)	Cabal aigua (m³/h)	Pot. Total (kW)	Cabal aigua F (m³/h)	Número fancoils	
Àrea d'accés	0	135	0,8	7,6	1,3	0,0	0,0	6,8	1,2	1,7	2,0
Zona 4	0	135	1	8	1	0	0	7	1		2
Servei de préstec	3	2565	14,4	22,9	3,9	14,4	2,5	8,5	1,5	2,1	3,0
Espai de treball intern	3	90	0,5	2,6	0,4	0,5	0,1	2,1	0,4	0,5	1,0
Despatx de direcció	3	90	0,5	1,7	0,3	0,5	0,1	1,2	0,2	0,3	1,0
Àrea d'audiovisuals i revistes	3	7020	39,4	61,6	10,6	39,4	6,8	22,2	3,8	5,5	6,0
Àrea infantil	3	7920	44,5	76,1	13,1	44,5	7,7	31,7	5,5	7,9	8,0
Zona 2	3	17685	99,3	164,9	28,4	99,3	17,1	65,6	11,3		19,0
Espai polivalent	4	1755	9,9	15,4	2,7	15,4	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Vestíbul 4	4	135	0,8	6,4	1,1	6,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Zona 3	4	1890	10,6	21,8	3,8	21,8	3,8	0,0	0,0		0,0
Àrea d'informació i fons general	4	13410	75,3	129,1	22,2	75,3	13,0	53,8	9,3	13,5	14,0
Zona 1	4	13410	75,3	129,1	22,2	75,3	13,0	53,8	9,3		14,0
TOTAL		33120,0	185,9	323,4	55,7	196,3	33,8	126,3	21,7	0,0	35,0

2.3.4. Ubicació del equips

Veure plànols del P2.1 al P3.4.

2.4. Descripció general del sistema tancat d'aigua

La instal·lació hidràulica estudiada en aquest apartat es refereix a l'alimentació dels equips de climatització (fancoils i UTA).

2.4.1. Càlcul dels diàmetres de les canonades

Pel càlcul dels diàmetres de les canonades primer s'ha calculat el cabal màxim que pot circular per a cada una d'elles. Un cop s'ha calculat el cabal màxim s'ha procedit a calcular els diàmetres mitjançant la taula NIRON que es troba als annexos. Aquesta taula representa les pèrdues de càrrega lineals i la velocitat del fluid en funció del cabal volumètric i els possibles diàmetres.

En el moment d'elegir els diàmetres sempre s'ha intentat que la velocitat del fluid no superi els 1,5 m/s i estigui en una velocitat compresa entre 1 i 1,5 m/s. D'aquesta manera s'evita que les pèrdues de càrrega siguin molt elevades i que es sobredimensioni la instal·lació.

Des del plànol P2.1 al P3.4 hi ha especificats els diàmetres i els valors de cabal màxim possible de cada canonada.

2.4.2. Vàlvules i accessoris

Al llarg del circuit de canonades hi ha determinats elements que ajuden a que el sistema de climatització funcioni adequadament. Entre aquests elements es poden trobar les vàlvules. Seguidament s'expliquen diferents tipus de vàlvules i altres accessoris que s'han inclòs al projecte:

Vàlvula de tall: Permet obrir i tancar la circulació de cabal a pressió. En el projecte en estudi es situaran sempre que hi hagi una nova ramificació de les canonades. Gràcies a aquestes vàlvules es podrà arreglar una averia en un punt determinat sense que sigui necessari tancar tota la instal·lació.

Vàlvula reguladora: Permet regular la velocitat o pressió del fluid. En el projecte en estudi es situen a la canonada d'impulsió de cada fancoil. D'aquesta manera s'aconsegueix que arribi el mateix cabal al primer i últim fancoil d'una mateixa línia.

Vàlvula papallona: La vàlvula papallona pot evitar o bé interrompre el pas d'aigua per la canonada. En el present projecte es situen a la canonada d'impulsió i de retorn de cada un dels fancoils i UTA.

Vas d'expansió: Gràcies al vas d'expansió s'eviten ruptures del circuit hidràulic. Serveix per absorbir l'augment de volum quan l'aigua s'escalfa.

Al plano P4.1 és representa la ubicació d'algunes de vàlvules i altres elements en els equips tèrmics.

2.4.3. Càlcul de la potència de la bomba

Al ser un circuit tancat, pel càlcul de la potència de la bomba s'analitzen les pèrdues de càrrega al punt més llunyà. D'aquesta manera s'analitza el cas més extrem del circuit i s'assegura que la potència de la bomba hidràulica serà suficient per tot el circuit.

Pèrdues de càrrega a les canonades

El càlcul de les pèrdues de càrrega és de molta utilitat per determinar la potència que ha de exercir la bomba per poder fer circular el fluid a la velocitat i cabal adequat. Per calcular les pèrdues de càrrega s'agafarà l'equació de Bernouille com a fórmula general.

$$\frac{P_1 - P_2}{g \cdot \rho} + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} + \Delta h + W_o - h_f = 0 \quad (\text{Eq. 2.17})$$

On :

W_o: Càrrega de la bomba

$\frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g}$: Pèrdues per la variació de la pressió (degudes el canvi de temperatura)

$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2 \cdot g}$: Pèrdues per la variació de la velocitat del fluid pel canvi de diàmetre

Δh : Pèrdues per l'increment d'altura

h_f: Pèrdues per fricció amb les canonades

El projecte en estudi es tracta d'un circuit tancat, per tant, no es troben pèrdues per l'increment d'altura. A més les pèrdues per variació de velocitat del fluid són totalment insignificants i per tant no es tindran en compte. En canvi sí que hi ha pèrdues degudes a la fricció entre el fluid i la paret interior dels conductes,

pèrdues degudes a la variació de pressió per quan l'aigua passa per un equip tèrmic i pèrdues per les singularitats del projecte. Llavors l'equació de Bernoulli es redueix solament a la següent equació:

$$W_0 = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_f \quad (\text{Eq. 2.18})$$

Finalment pel càlcul de W_0 només queden dos termes per analitzar: la variació de pressió i les pèrdues de càrrega. Pel càlcul de les pèrdues de càrrega s'analitzen cada un dels diferents tipus de canonada per separat. Mitjançant la taula de l'annex A2 i analitzant totes les canonades dels trams estudiats s'aconsegueix el valor de pèrdues de càrrega amb metres per columna d'aigua.

Càlcul

Pel càlcul de pèrdues de càrrega s'estudien dos recorreguts de canonades.

El primer és la canonada que va des de la bomba de calor fins el fancoil més llunyà, situat a l'àrea d'accés, i el seu retorn. S'ha escollit aquest recorregut perquè és el punt més lluny de la bomba i té una alta probabilitat de ser el que tingui més pèrdues.

Per altre banda també s'estudia el recorregut que va des de la bomba fins la UTA.3. S'ha escollit aquest punt perquè les UTA, provoquen una gran pèrdua de càrrega i aquesta és la que està més lluny.

Primer recorregut

Valor de les pèrdues per fricció amb la canonada:

Mitjançant la taula de l'annex A2 i analitzant totes les canonades dels trams estudiats s'aconsegueix el valor de la següent taula:

Longitud (m)	DN	Cabal (m ³ /h)	mca cada 100 m	Pèrdua de càrrega fins el fancoil	Pèrdua de càrrega total
12,5	200	60	0,6	0,08	0,15
6,5	110	25	0,5	0,03	0,07
3,4	63	12,5	0,5	0,02	0,03
3	63	12,5	0,5	0,02	0,03
6,8	63	7,38	0,7	0,05	0,10
51,12	40	3,3	0,2	0,10	0,20

9	32	1,2	0,5	0,05	0,09
5	25	0,6	1	0,05	0,10
TOTAL				0,38	0,77

Llavors:

Les pèrdues de càrrega per fricció amb la canonada són de 0,77 metres de columna d'aigua.

$$h_f = 0,77$$

Valor de la pèrdua de pressió produïda pels equips:

Segons els catàlegs dels equips tèrmics s'obté:

	Fancoil	Bomba de calor	Total
ΔP (kPa)	12	50	62

Finalment s'obté:

$$W_0 = \frac{62000}{9,8 \cdot 1000} + 0,77 = 7 \text{ m}$$

Segon recorregut

Valor de les pèrdues per fricció amb la canonada:

Mitjançant la taula de l'annex A2 i analitzant totes les canonades dels trams estudiats s'aconsegueix el valor de la següent taula:

Longitud (m)	DN	Cabal (m ³ /h)	mca cada 100 m	Pèrdua de càrrega fins el fancoil	Pèrdua de càrrega total
12,5	200	60	0,6	0,075	0,15
5	110	25	0,5	0,025	0,05
4,3	63	7,8	0,8	0,0344	0,0688
42	50	4	0,8	0,336	0,672
6	50	4	0,8	0,048	0,096
2	50	4	0,8	0,016	0,032
TOTAL				0,5344	1,0688

Llavors:

Les pèrdues de càrrega per fricció amb la canonada són de 1 metre de columna d'aigua.

$$h_f = 1 \text{ m}$$

Valor de la pèrdua de pressió produïda pels equips:

Segons els catàlegs dels equips tèrmics s'obté:

	UTA	Bomba de calor	Total
ΔP (kPa)	19,8	50	69,8

Finalment s'obté:

$$W_0 = \frac{69800}{9,8 \cdot 1000} + 1 = \mathbf{8,04 \text{ m}}$$

Després de comparar els dos possibles recorreguts es decideix fer el dimensionament ja que té una pèrdua de càrrega major.

Un cop calculades les pèrdues de càrrega es procedeix a calcular la potència de la bomba la qual ve definida per la següent expressió:

$$P = \frac{\dot{m} \cdot W_0 \cdot g}{\eta} \quad (\text{Eq. 2.19})$$

Sabent que el cabal màssic és igual a:

$$\dot{m} = \rho \cdot Q = 1000 \cdot \frac{60}{3600} = 16.6 \text{ kg/s} \quad (\text{Eq. 2.20})$$

I suposant un rendiment del 0,7 s'obté:

$$P = \frac{16,6 \cdot 8 \cdot 9,8}{0,7} = 1859,2 \text{ W} = \mathbf{1,9 \text{ kW}}$$

3. Anàlisi de l'impacte ambiental

Durant l'elaboració del projecte s'ha tingut present el possible impacte ambiental provocat per l'instal·lació de climatització.

Durant el funcionament normal de la instal·lació l'impacte ambiental del projecte està molt limitat, tan sols es pot valorar la pol·lució creada a partir de la generació d'energia elèctrica que consumeixen els equips tèrmics. Per altre banda, totes les unitats de tractament d'aire disposen de recuperadors energètics, aquests elements ens permeten reduir la potència tèrmica que se ha de generar.

En cas de avaria els problemes que podria ocasionar la instal·lació de climatització són mínims ja que disposa de tots els elements de seguretat per evitar una catàstrofe major.

Conclusions

Un cop s'ha finalitzat el projecte es poden realitzar un seguit de consideracions.

En primer lloc, es creu oportú remarcar la importància dels materials de construcció de l'edifici. Durant el projecte en estudi s'han pogut comparar diferents elements constructius i la diferència entre uns i altres ha estat molt elevada. És per això, que es creu que en el moment de disseny de futurs edificis es necessari remarcar la importància de l'aïllament tèrmic i donar-li un paper rellevant a la presa de decisions.

Un altre fet a considerar, és la importància de dissenyar una instal·lació el més eficient possible. En aquest sentit es veu molt oportú la utilització de recuperadors de calors a les unitats de tractament d'aire primari o bé la recirculació de part de l'aire d'extracció sempre hi quant hi hagi l'aire de renovació mínim estipulat per la normativa.

En referència, a realitzar la instal·lació de climatització en un edifici històric és cert que implica un certs inconvenients i limitacions que t'afecten en el moment de la presa de decisions. Tot i així és creu que sempre s'ha d'intentar aconseguir al màxim les condicions de confort utilitzar la menor quantitat d'energia possible.

Per acabar, amés de realitzar un estudi exhaustiu de la demanda tèrmica de l'edifici es veu molt positiu realitzar un estudi concret de les activitats que es duen a terme en cada espai. Una visió més general de les necessitats tèrmiques de cada una de les sales ajudarà a realitzar una instal·lació de climatització que funcioni de manera adequada i fent un ús més racional de l'energia.

Pressupost i/o Anàlisi Econòmica

A continuació, es realitza un desglossament del pressupost de projecte d'instal·lació.

Índex	UA	Concepte	AMID	Preu	Import
1	u	Bomba de calor RECS 1752	1	87.671,60 €	87.671,60 €
2	u	Climatitzador horitzontal Wizard 6060 per a un cabal d'aire de fins a 20900 m ³ /h	3	10.774,28 €	32.322,84 €
3	u	Fancoil 2 tubs FWL-DT/DF unitat terra /sostre	35	619,52 €	21.683,09 €
4	u	Grup hidràulic integrat per circuit de fred, compostat de dos bombes de 4 pols de baix nivell sonor. CLIMAVENETA SPF 24-805-2500	1	15.003,61 €	15.003,61 €
5	m	Tub de Polipropilè-copolímer	345	14,00 €	4.830,00 €
6	u	Reixa retorno RER 200 x 100	26	11,16 €	290,16 €
7	u	Difusor rotacional XN-600-48	35	53,00 €	1.855,00 €
8	u	Vàlvula de tall	102	79,00 €	8.058,00 €
9	u	Vàlvula reguladora	40	92,00 €	3.680,00 €
10	m ²	Formació de conducte rectangular de planxa d'acer galvanitzat,	59,134	28,24 €	1.670,13 €
11	m ²	Aïllament tèrmic de conductes amb escuma elastomèrica	35,012	30,37 €	1.063,47 €
Import TOTAL					178.127,90 €

Bibliografia

- [1] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2007. “Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable”.
- [2] Generador de precios de la construcción.
- [3] Institut Català d’Energia (ICAEN). <http://www.icaen.cat>
- [4] Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE).
- [5] “CTE. Documento básico de ahorro de energía”. Disponible en Web.
- [6] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). “ Guia tècnica vidrios i cerramientos “
- [7] Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía Código Técnico de la Edificación DA DB-HE / 2. Ministerio de Fomento.
- [8] Ministerio de Fomento Documentoo basico de seguredad en caso de incendio
- [9] Real Decreto 1027/2007.Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- [10] UNE-EN ISO 8996 (ISO 8996:2004) Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica AENOR, Ministerio de Fomento.
- [11] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [12] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).”Guia tècnica condiciones climaticas exteriores del proyecto” junio de 2010.
- [13] Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación.
- [14] Catalogo de elementos constructivos del CTE
- [15] <http://cte-web.iccl.es>



Annex A



A1. Taula per al càlcul de diàmetres

1.7 Pérdidas de carga de las tuberías

Pérdidas de carga unitarias de los tubos NIRON SDR6 con 10°C de temperatura del agua

Caudal l/s	ø Kg/h	ø 16x2,7	ø 20x3,4	ø 25x4,2	ø 32x5,4	ø 40x6,7	ø 50x8,4	ø 63x10,5	Caudal l/s	ø Kg/h	ø 40x6,7	ø 50x8,4	ø 63x10,5	ø 75x12,5	ø 90x15,0	ø 110x18,4	ø 125x20,8	ø 160x26,6
0,02	70	10 0,22	2 0,14	0,9 0,09					1,0	3600	143 1,8	43 1,16	14 0,73	7,9 0,5	2,8 0,35			
0,04	140	33 0,44	8 0,29	3 0,18	1 0,11	Pérdida de carga en mm/m.c.a. Velocidad media en m/s			1,2	4320	198 2,16	59 1,40	19 0,87	9,2 0,61	3,9 0,42			
0,05	180	52 0,57	13 0,37	4 0,23	2 0,14				1,3	4680		66 1,49	22 0,93	10,6 0,66	4,5 0,46			
0,06	220	73 0,70	19 0,45	6 0,28	2 0,17				1,4	5040		76 1,62	25 1,01	12,1 0,71	5,1 0,50			
0,08	290	118 0,92	30 0,59	10 0,37	4 0,23		1,5 0,15	0,5 0,09		1,6	5760		114 1,85	32 1,16	15,3 0,81	6,4 0,57		
0,1	360	164 1,11	42 0,71	15 0,45	6 0,28	2 0,18	0,7 0,11		1,8	6480		141 2,08	40 1,32	18,8 0,92	7,9 0,64			
0,12	430	234 1,36	61 0,88	21 0,55	8 0,34	3 0,22	1,07 0,14	0,33 0,09	2,0	7200		170 2,31	48 1,46	22,7 1,02	9,5 0,71	3,7 0,48		
0,14	510		83 1,04	29 0,66	11 0,40	4 0,26	1,44 0,16	0,45 0,10	2,2	7920			57 1,60	26,9 1,12	11,3 0,78	4,4 0,52		
0,16	580		104 1,18	37 0,75	14 0,46	5 0,29	1,8 0,19	0,56 0,12	2,4	8640			66 1,74	31,4 1,22	13,1 0,85	5,1 0,57		
0,18	655		129 1,34	45 0,84	18 0,52	6 0,33	2,2 0,21	0,7 0,13	2,6	9360			76 1,88	36,1 1,32	15,1 0,92	5,9 0,62	3,1 0,48	
0,2	730		156 1,49	55 0,94	22 0,58	7,5 0,37	2,69 0,24	0,84 0,15	2,8	10080			87 2,02	41,2 1,43	17,3 0,99	6,7 0,67	3,6 0,51	
0,23	830		290 1,65	69 1,07	27 0,66	9 0,42	3,3 0,27	1 0,17	3,0	10800			1113 2,17	46,6 1,53	19,5 1,06	7,5 0,71	4,1 0,55	1,33 0,33
0,25	900		353 1,83	85 1,20	33 0,74	11 0,47	4,1 0,30	1,3 0,19	3,5	12600			149 2,53	61,4 1,78	25,7 1,24	9,9 0,83	5,3 0,64	1,74 0,39
0,3	1080			110 1,39	43 0,85	15 0,54	5,3 0,35	1,6 0,22	4,0	14400				77,9 2,04	32,6 1,41	12,6 0,95	6,7 0,73	2,20 0,45
0,35	1280			149 1,65	59 1,01	20 0,64	7,1 0,41	2,2 0,26	4,5	16200				96,2 2,29	40,2 1,59	15,5 1,07	8,3 0,82	2,71 0,50
0,4	1430			270 1,85	71 1,13	24 0,72	8 0,46	2,7 0,29	5,0	18000				116,2 2,55	48,5 1,77	18,7 1,19	10 0,92	3,27 0,56
0,45	1605				87 1,27	30 0,81	10 0,52	3,4 0,32	6,0	21600				161,1 3,06	67,2 2,12	25,9 1,43	13,9 1,10	4,51 0,67
0,5	1805					107 1,43	36 0,91	4,2 0,58	7,0	25200					88,6 2,48	34,2 1,66	18,3 1,28	5,93 0,78
0,55	2005					135 1,55	44 1,01	5 0,65	8,0	28800					112,7 2,83	43,4 1,90	23,2 1,46	7,52 0,89
0,6	2155					172 1,70	50 1,08	5,7 0,69	9,0	32400					139,3 3,18	53,6 2,14	28,7 1,65	9,28 1,00
0,65	2330					200 1,8	57 1,17	6,5 0,47	10	36000						64,8 2,38	34,7 1,83	11,20 1,12
0,7	2530					225 1,98	66 1,27	7,6 0,51	11	39600						77 2,61	41,1 2,01	13,28 1,23
0,75	2705						74 1,36	8,5 0,54	12	43200						90,0 2,85	48,1 2,20	15,51 1,34
0,8	2880						83 1,45	9,5 0,58	13	46800						104,0 3,09	55,6 2,38	17,90 1,45
0,85	3005						89 1,51	10 0,61	15	54000							71,9 2,75	23,14 1,67
0,9	3255						103 1,63	11 0,66	17	61200							92,1 3,11	28,97 1,90
									20	72000								38,81 2,23
									30	108000								80,65 3,35

A2. Taula per al càlcul de les pèrdues de càrrega

INFORMACIÓN TÉCNICA

Tabla de pérdidas de carga (Tuberías de PVC / Polietileno)

Por rozamiento del agua en las tuberías, expresada en metros por cada 100 m de tubería recta.
Advertimos que para el cálculo de pérdidas de carga, debe tenerse en cuenta que, cada curva de 90° equivale a 5 m de recorrido de tubería, cada válvula de compuerta a 5 m y cada válvula de pie a 15 m.

Q(l/h)	Diámetro interior de la tubería en mm.											
	14	19	25	32	38	50	63	75	89	100	125	150
Metros de columna de agua por 100 m de recorrido recto												
500	8,9	2,1	0,6									
800	20,2	4,7	1,3	0,4								
1000	29,8	7	1,9	0,6								
1500		14,2	3,9	1,2	0,5							
2000		23,5	6,4	2	0,9							
2500			9,4	2,9	1,3	0,4						
3000			13	4	1,8	0,5	0,2					
3500			17	5,3	2,3	0,6	0,2					
4000			21,5	6,6	2,9	0,8	0,3	0,1				
4500				8,2	3,6	1	0,3	0,1				
5000				9,8	4,3	1,2	0,4	0,2				
5500				11,6	5,1	1,4	0,5	0,2				
6000				13,5	6	1,6	0,5	0,2				
6500				15,5	6,9	1,9	0,6	0,3				
7000				17,7	7,8	2,1	0,7	0,3				
8000				22,4	9,9	2,7	0,9	0,4	0,2			
9000					12,1	3,3	1,1	0,5	0,2			
10000					14,6	4	1,3	0,6	0,3	0,1		
12000					20,1	5,5	1,8	0,8	0,4	0,2		
15000					29,7	8,1	2,7	1,2	0,5	0,3		
18000						11,1	3,7	1,6	0,7	0,4	0,1	
20000						13,3	4,5	1,9	0,9	0,5	0,2	
25000						19,7	6,6	2,9	1,3	0,7	0,3	
30000							9	4	1,8	1	0,3	9,1
35000							11,8	5,2	2,3	1,3	0,5	0,2
40000							15	6,5	2,9	1,7	0,6	0,2
45000							18,4	8	3,6	2	0,7	0,3
50000								9,7	4,3	2,5	0,9	0,4
60000								13,3	5,9	3,4	1,2	0,5
70000									7,7	4,4	1,5	0,6
80000									10,4	5,6	1,9	0,8
90000									12,9	7,3	2,4	1
100000										8,9	2,9	1,2
125000											4,5	1,8
150000											6,3	2,6
175000											8,4	3,5
200000											10,7	4,4
250000												6,7
300000												9,3

Para otras tuberías recomendamos multiplicar los valores obtenidos en la tabla por los siguientes coeficientes:
Tuberías de fibrocemento: 1,2
Tuberías de hierro galvanizado: 1,5

A3. Catàlegs del equips tèrmics seleccionats

Bomba de calor

APLICACIÓN TERMINALES DE HYDRONIC							
RECS / B		1052	1152	1352	1552	1752	1952
Alimentación eléctrica	V/ph/Hz	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50
PRESTACIONES							
REFRIGERACIÓN (GROSS VALUE)							
Potencia frigorífica	(1) kW	195	238	276	307	359	385
Potencia absorbida total	(1) kW	74,0	95,6	109	114	139	155
EER	(1) kW/kW	2,64	2,49	2,53	2,70	2,59	2,49
ESEER	(1) kW/kW	3,43	3,13	3,25	3,49	3,31	3,34
REFRIGERACIÓN (EN14511 VALUE)							
Potencia frigorífica	(1)(2) kW	196	240	278	308	360	387
EER	(1)(2) kW/kW	2,63	2,48	2,51	2,68	2,57	2,48
ESEER	(1)(2) kW/kW	3,35	3,09	3,19	3,43	3,25	3,26
Clase EUROVENT		D	E	D	D	D	E
CALEFACCIÓN (GROSS VALUE)							
Potencia tèrmica total	(3) kW	212	259	301	332	389	418
Potencia absorbida total	(3) kW	70,0	89,6	102	108	131	141
COP	(3) kW/kW	3,03	2,89	2,94	3,08	2,97	2,97
CALEFACCIÓN (EN14511 VALUE)							
Potencia tèrmica total	(3)(2) kW	211	257	300	331	388	416
COP	(3)(2) kW/kW	2,98	2,84	2,89	3,03	2,91	2,91
Clase EUROVENT		C	C	C	B	C	C
SEASONAL EFFICIENCY IN HEATING (Reg. EU 811/2013)							
PDesign	(4) kW	150	182	214	233	276	299
SCOP	(4)	3,20	3,00	3,04	3,27	3,06	3,15
Performance η_s	(4) %	125	117	119	128	119	123
Seasonal efficiency class	(4)	-	-	-	-	-	-
INTERCAMBIADORES							
INTERCAMBIADOR USO EN REFRIGERACIÓN							
Caudal	(1) m³/h	33,6	41,0	47,6	52,8	61,8	66,3
Pérdida de carga	(1) kPa	35,7	34,8	41,6	40,9	47,4	47,4
INTERCAMBIADOR USO EN CALEFACCIÓN							

UTA

WIZARD

Unidades tratamiento aire



DESCRIPCIÓN UNIDAD CONTROLES DATOS TÉCNICOS DOWNLOAD SOFTWARE

close

véanse todos los tamaños

APLICACIÓN STANDARD

WIZARD	2920	3600	4300	6060	7500	8480	11		
Caudal aire (Velocidad 1.5 m/s)	(1)	m³/h	6300	7800	9300	12500	15600	18100	21
Caudal aire (Velocidad 2 m/s)	(1)	m³/h	8400	10300	12400	16700	20700	24200	28
Caudal aire (Velocidad 2.5 m/s)	(1)	m³/h	10500	12900	15600	20900	25900	30300	35
Caudal aire (Velocidad 3 m/s)	(1)	m³/h	12600	15500	18600	25100	31100	36300	42

Fancoil

UNIDADES INTERIORES				2 tubos							4 tubos								
				FWM01DT	FWM02DT	FWM03DT	FWM04DT	FWM06DT	FWM08DT	FWM10DT	FWM01DF	FWM02DF	FWM03DF	FWM04DF	FWM06DF	FWM08DF	FWM10DF		
Capacidad de refrigeración	Capacidad total	Alta	kW	1,54	2,09	2,93	4,33	4,77	6,71	8,02	1,46	1,90	2,87	4,33	4,67	6,64	7,88		
	Capacidad sensible	Alta	kW	1,20	1,51	2,11	3,15	3,65	4,91	5,96	1,14	1,51	2,07	3,15	3,57	4,85	5,85		
Capacidad de calefacción	2 tubos	Alta	kW	2,14	2,57	3,81	5,63	6,36	7,83	10,03									
	4 tubos	Alta	kW				-				1,90	2,10	3,08	5,05	5,30	7,91	9,30		
Consumo	Alto	An		37	53	56	98		137	175	37	53	56	98		137	175		
Dimensiones	Unidad	Al x An x Pr	mm	564x774x226		564x984x226	564x1.194x226		564x1.404x251		564x774x226		564x984x226	564x1.194x226		564x1.404x251			
Peso	Unidad		kg	20	21	27	32	33	44		21	22	28	34	35	46			
Intercambiador de calor	Volumen de agua		l	0,5	0,7	1	1,4		2,1		0,5	0,7	1	1,4		2,1			
Intercambiador de calor adicional (4 tubos)	Volumen de agua		l				-				0,2		0,3	0,4		0,6			
Caudal de agua	Refrigeración		l/h	265	359	504	745	820	1.154	1.343	251	327	494	745	803	1.142	1.355		
	Calefacción		l/h	265	359	504	745	820	1.154	1.343	196	182	286	396	465	694	816		
Caída de presión del agua	Refrigeración		kPa	13		11	12	14	12	19	13		11	12	14	12	19		
	Calefacción		kPa	9	11		10	9	16		7	8	5	10		8	9		
Ventilador	Tipo			Centrifugo, multipala, aspiración doble							Centrifugo, multipala, aspiración doble								
	Caudal de aire	Alto	m³/h	319	344	442	706	785	1.011	1.393	307	327	431	690	763	998	1.362		
Nivel de potencia sonora	Alto		dBA	45	50	47	52	56	58	64	45	50	47	52	56	58	64		
Conexiones del agua	Intercambiador de calor estándar		pulgadas	1/2				3/4				1/2				3/4			
Alimentación eléctrica	Fase / Frecuencia / Tensión		Hz / V	/ 50 / 230						1 / 50 / 230									
Corriente de entrada	Alta		A	0,17	0,24	0,25	0,44	0,43	0,60	0,76	0,17	0,24	0,25	0,44	0,43	0,60	0,76		